



ARAS HAVZASI KARS ÇAYI 1D VE 2D TAŞKIN ANALİZİ

Necip Fazıl AKKOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2019

Necip Fazıl AKKOÇ tarafından hazırlanan “ARAS HAVZASI KARS ÇAYI 1D VE 2D TAŞKIN ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nihat EROĞLU

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Doç. Dr. Yakup DARAMA

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Atılım Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Necip Fazıl AKKOÇ

20/9/2019

ARAS HAVZASI KARS ÇAYI 1D VE 2D TAŞKIN ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Necip Fazıl AKKOÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2019

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Arc-GIS programı yardımıyla havzaya ait parametrelerin tespiti; akım rasatlarına yönelik hesaplamalar, deterministik yöntemler ve ampirik yöntemler gibi yöntemlerin havzaya uygulanabilirliğinin kontrolü, ardından seçilecek en uygun yöntemle tekerrürlü taşkın debilerinin belirlenmesi, sonrasında da HEC-RAS programı yardımıyla taşkın analizinin yapılması ve taşkın dağılımının incelenmesidir. Çalışma Aras Havzası içerisinde yer alan, Kars/Merkez'den geçen Kars Çayı'nı kapsamaktadır. Merkez Bayrampaşa'dan geçen ve akışın bir kısmının menfezlerle kontrol edildiği kuru derenin Kars Çayı'na katıldığı nokta baz alınarak su kolları ve havza alanları elde edilmiştir. Yapılan çalışmada yaklaşık 2420,5 km² havza alanı içerisinde akışa katkı sağlayan on iki adet alt havza tespit edilmiştir. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü incelemesi nümerik akış katsayılarının ve akış eğri numaralarının tespitinde kullanılmıştır. Bu inceleme için A.B. kapsamında 1985 yılında başlatılan; 1990 yılının referans alındığı; 2000, 2006 ve 2012 yıllarında güncellenen 44 sınıfta arazi örtüsü envanteri barındıran CORINE Land Cover çalışmasından yararlanılmıştır. Sonuç olarak, Kars Çayı ıslahlı bölümünün kanal kapasitesi 200 m³/s bulunmuştur. Bu değer 5 ila 10 yıl tekerrürlü debi aralığına karşılık gelmektedir. Kars Çayı'nın membaındaki Paşaçayırı kesimi doğal taşkın biriktirme alanı olarak çalışmaktadır. Islahlı kesitlerden oluşan Kars Çayı'nın merkezinden geçen ana yatak, pürüzlülüğün artıp suyun kabarmaması için sürekli temiz tutulmalıdır. Bayrampaşa deresinin su toplama kabiliyeti oldukça düşük bulunmuştur. Çok geniş ve düz bir alandan su toplayan Bayrampaşa deresine suyun girebilmesi için kanal ağzına doğru suyu yönlendirecek yapılar inşa edilmelidir. Kanal geometrisi yeniden düzenlenmelidir. Bayrampaşa deresiyle şehir merkezi arasında kalan ve taşkınlardan oldukça etkilenen Merkez Mahallesi çevresi seddeleme yapılaraktan koruma altına alınmalıdır. Bülbül deresinin kanal kapasitesi 37 m³/s olarak bulunmuştur. Ancak, bu debide bile Kars Çayı su kotları yükseldikçe Bülbül deresindeki su kotları da yükselmekte ve taşkın alanları oluşmaktadır.

Bilim Kodu : 91122

Anahtar Kelimeler : Kars Çayı, Hidroloji, HEC-RAS, CBS, Taşkın, 1D ve 2D Modelleme

Sayfa Adedi : 207

Danışman : Doç. Dr. Nihat EROĞLU

ARAS BASIN KARS RIVER 1D AND 2D FLOOD ANALYSIS

(M. Sc. Thesis)

Necip Fazıl AKKOÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2019

ABSTRACT

The main goals of this study are to determine the parameters of basin using ArcGIS program, to investigate the applicability of the methods using rainfall observations such as deterministic and empirical methods for estimation of the recurrent floods, then to determine the recurrent floods by choosing the most appropriate method and to determine the flood inundation maps by using HEC-RAS program for flood analysis. This study covers the Kars River that passes through the Kars city center within the Aras Basin. The stream paths and sub-basin areas were determined by taking the conjunctions of the Kars River with the wadi which passes through the central Bayrampasa and whose part of its flow is carried out by culverts. In the study, the basin with a drainage area of approximately 2420,5 km² was found to be comprised of twelve sub-basins supplying direct runoff to the streams with areas ranging from 45,13 to 373 km². Land cover and vegetation cover was used to determine the numerical flow coefficients and flow curve numbers. For this purpose, the CORINE Land Cover study, which was initiated in the European Union in 1985, adopted as a reference in 1990 and updated in 2000, 2006 and 2012 and which covers land cover inventory in 44 categories was used. As a result, the channel capacity of reclaimed section of Kars River was found to be 200 m³/h. This value corresponds to a repetitive flow range of 5 to 10 years. The Paşacıyırı section at the upstream of the Kars River works as a natural flood deposition area. The main stream bed passing through the Kars city center, which consists of rehabilitated sections, should be kept clean at all times so that the roughness does not increase and the water does not rise. Water collection capacity of Bayrampasa creek was found to be very low. In order to allow water to enter the Bayrampasa creek, which collects water from a very wide and flat area, structures should be constructed to direct the water towards the mouth of the channel. The channel geometry must be rearranged. The Merkez Neighborhood which is between the Bayrampasa creek and the city center and highly affected by the floods should be protected by building levees. The channel capacity of Bülbül creek was 37 m³/h. However, even with this flow, as the water elevations of the Kars River rise, the water elevations in the Bülbül creek rise and flood areas are formed.

Science Code : 91122

Key Words : Kars River, Hydrology, HEC-RAS, GIS, Flood, 1D and 2D Modeling

Page Number : 207

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nihat EROĞLU

TEŞEKKÜR

Tez süreci boyunca beni destekleyen ve ilgili akademik yönlendirmeleri yapan danışmanım Doç. Dr. Nihat EROĞLU'na, teknik desteklerinden dolayı DSİ 24. Bölge Müdürü Mahmut DÜNDAR ve DSİ 24. Bölge Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü Hidroloji Başmühendisi Murat SEZER'e, DSİ Genel Müdürlüğü Müfettişi Ahmet KOÇ'a, sevgili meslektaşlarım Selami BUZLUK, Bülent KOCAMAN ve Burak ÇOLAK'a; ilaveten maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ve esirgemeyecek çok sevgili aileme ve saygıdeğer dostlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI	5
3. PROBLEM DURUMU VE GEÇMİŞ TAŞKINLAR	9
4. YÖNTEM	15
5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	21
6. ARCGIS/ARCMAP/HYDROLOGY İLE HAVZA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	25
6.1. Yağış Yüzeyi Taraması (fill)	25
6.2. Akım Yönlerinin Tespiti (flow direction).....	26
6.3. Akım Birikim Niceliğinin ve Birikme Güzergâhının Tespiti (flow accumulation)	27
6.4. Havza Çıkış Noktalarının Tayini (snap pour point)	28
6.5. Havzaların Belirlenmesi (watershed)	29
6.6. En Uzun Su Kollarının Belirlenmesi.....	30

	Sayfa
6.7. Havza Ağırlık Merkezlerinin Tayini (feature to point).....	31
6.8. L_c Uzunluklarının Tayini	32
6.9. Harmonik Kotların Tayini.....	33
7. HİDROLOJİ	35
7.1. Yağış ve Yağış İstatistiği	35
7.1.1. Meteoroloji gözlem istasyonları (MGİ).....	35
7.1.2. Tekerrürlü yağış değerlerinin istatistiki yöntemlerle hesabı.....	40
7.1.3. İstatistiki yöntemler.....	40
7.1.4. Thiessen alanlarının belirlenmesi	55
7.1.5. Akış eğri numaralarının hesabı (CORINE Land Cover)	55
7.2. Akış ve Akış İstatistiği.....	57
7.2.1. Akım gözlem istasyonları (AGİ).....	58
7.2.2. Baz akım hesabı.....	62
7.3. Taşkın Debisi Hesaplama Yöntemleri.....	62
7.3.1. Akım rasatlarına yönelik hesaplar.....	64
7.3.2. Deterministik yöntemler.....	66
7.3.3. Ampirik yöntemler.....	83
7.3.4. Yöntemlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	87
8. AUTOCAD CIVIL 3D	91
8.1. Yüzey Oluşturulması (create surface).....	91
8.2. Talveg Güzergahının Oluşturulması (create alignment).....	94
8.3. En Kesitlerin Oluşturulması (create XS).....	94
8.4. Verilerin GIS dosyası olarak aktarılması	96
9. HEC-RAS 5.0.7.....	97

Sayfa

9.1. HEC-RAS 1D	98
9.1.1. Bayrampaşa deresi geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları	99
9.1.2. Bülbül deresi geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları...	107
9.1.3. Kars Çayı geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları	113
9.2. HEC-RAS 2D	132
9.2.1. Geometri.....	132
9.2.2. 2D taşkın analizi sonuçları.....	134
9.2.3. 2D modelin geçmiş taşkınlarla doğruluğunun teyit edilmesi (model kalibrasyonu)	145
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR	159
EKLER.....	163
ÖZGEÇMİŞ	207

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye’de 1955-2009 döneminde meydana gelmiş taşkınların karakteristiği	3
Çizelge 6.1. Havza parametreleri.....	34
Çizelge 7.1. Yağış alanlarını etkileyen MGİ’lere ait yılda günlük maksimum yağışlar, mm.....	36
Çizelge 7.2. Havalimanı MGİ için Ağırlıklı Ortalama Yöntemi uygulaması	40
Çizelge 7.3. Selim MGİ Normal (Gaussian) dağılım hesabı	42
Çizelge 7.4. Selim MGİ 2 parametrelili Log-Normal (LN2) dağılım hesabı.....	44
Çizelge 7.5. Selim MGİ 3 parametrelili Log-Normal (LN3) dağılım hesabı.....	46
Çizelge 7.6. Selim MGİ Log-Pearson Tip 3 (LPT3) dağılım hesabı	48
Çizelge 7.7. Selim MGİ Gumbel (G) dağılım hesabı.....	51
Çizelge 7.8. Selim MGİ Pearson Tip 3 (PT3) dağılım hesabı	53
Çizelge 7.9. Selim MGİ yağış değerlerine ait istatistik hesabı bütün sonuçları	54
Çizelge 7.10. Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçları	54
Çizelge 7.11. CORINE numaralarının temsil ettiği arazi sınıflandırması ve onlara tekabül eden eğri numaraları.....	56
Çizelge 7.12. Taşkın debisi hesaplama yöntemleri.....	58
Çizelge 7.13. Akım gözlem istasyonlarının rasat tarihi, yağış alanları ve pik debi değerleri	59
Çizelge 7.14. EİE24A009 AGİ’ye ait istatistik hesapları sonuçları.....	61
Çizelge 7.15. EİE24A009 AGİ istatistik hesaplarına Kolmogorov-Smirnov testinin uygulanması ve sonucu.....	61
Çizelge 7.16. Kars Çayı ana havzası için baz akım hesabı.....	62
Çizelge 7.17. Debi yöntemlerinin şart ve sınırlılıkları.....	63
Çizelge 7.18. Kars Çayı ana havzası NTFA hesabı	64

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.19. Taşkın zarfında kullanılan AGİ bilgileri.....	65
Çizelge 7.20. Akım değerlerinin Q_2 değerleri ile boyutsuz hale getirilmesi	66
Çizelge 7.21. Kars Çayı ana havzası için BTFA sonuçları	66
Çizelge 7.22. Harmonik kotlar ve kol uzunluğu bilgileri.....	71
Çizelge 7.23. Kars Çayı ana havzası için harmonik eğim hesabı	71
Çizelge 7.24. Tekerrürlü yağış değerlerinin Thiessen alanlarına göre düzenlenmesi....	73
Çizelge 7.25. Kars Çayı ana havzası, her tekerrür yılı için Thiessen alanlarına göre düzenlenmiş ortalama yağış değerlerinin hesaplanması.....	73
Çizelge 7.26. Kars MGİ düzeltilmiş plüviyograf katsayıları	74
Çizelge 7.27. Maksimize edilmiş ve düzeltilmiş tekerrürlü yağış yükseklikleri, mm ...	75
Çizelge 7.28. Akış eğri numarası hesabı	76
Çizelge 7.29. Ana havza için Mockus tekerrürlü taşkın debileri	76
Çizelge 7.30. Zemin cinsine göre C_t ve C_p havza karakteristikleri.....	77
Çizelge 7.31. Hidrolojik parametrelerin hesabı	80
Çizelge 7.32. BH_2 'den BH_4 VE BH_6 'nın oluşturulması	81
Çizelge 7.33. Kars Çayı ana havzası için Snyder sentetik yöntemi tekerrürlü taşkın debisi sonuçları.....	82
Çizelge 7.34. Kars Çayı ana havzası için farklı yöntemlerden elde edilen tekerrürlü debilerin karşılaştırılması.....	87
Çizelge 7.35. Selim MGİ ve EİE24A009 Kars-Güvercinkaya AGİ istatistik sonuçlarının DSİ sonuçları ile karşılaştırılması.....	87
Çizelge 7.36. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın parametreleri...	90
Çizelge 7.37. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın tekerrürlü taşkın debileri.....	90
Çizelge 9.1. Çalışılan senaryolar ve sonuçları	128

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye’de 1940-2017 yılları arasında meydana gelmiş taşkın sayısının yıllara göre dağılımı.....	1
Şekil 1.2. 2017 yılı içerisinde gerçekleşmiş taşkın sayısının bölgelere dağılımı.....	2
Şekil 4.1. Çalışma akış diyagramı.....	19
Şekil 6.1. SYM veri setindeki bozuk verilerin düzeltilmesi	25
Şekil 6.2. Kars ili topoğrafyasının düzeltilmiş SYM haritası	26
Şekil 6.3. Numaralandırılmış akım yönlerine göre derecelendirilmiş yön haritası	27
Şekil 6.4. Akım birikim güzergâhları ve yoğunlukları	28
Şekil 6.5. Havza çıkış noktalarının seçilip akım yoğunluğu haritası üzerinde gösterilmesi	29
Şekil 6.6. Ana havza ve alt havzaların konum ve drenaj alanları	30
Şekil 6.7. Havza sınırlarını ve en uzun su kollarını gösterir harita.....	31
Şekil 6.8. Havza ağırlık merkezlerini gösterir harita	32
Şekil 6.9. Havza ağırlık merkezleri ve L_c uzunluklarını gösterir harita.....	33
Şekil 6.10. Harmonik kotların tayini.....	34
Şekil 7.1. Derecelendirilmiş SYM haritası ve MGİ’lerin haritalandırılması.....	38
Şekil 7.2. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	39
Şekil 7.3. Pearson Tip 3 frekans faktörü (K) tablosu.....	49
Şekil 7.4. Gumbel parametresi, Y_n tablosu	51
Şekil 7.5. Gumbel parametresi, σ_n tablosu	51
Şekil 7.6. Yağış alanlarını temsil eden Thiessen çokgenleri	55
Şekil 7.7. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü durumunun havza içerisinde haritalandırılması	57
Şekil 7.8. Açık ve kapalı akım gözlem istasyonlarının durumu	58

Şekil	Sayfa
Şekil 7.9. Q ₂ -A taşkın zarfı	65
Şekil 7.10. Hidrograf elemanları.....	67
Şekil 7.11. Kars Çayı ana havzası için Mockus birim hidrografi	72
Şekil 7.12. Yağış-alan dağılım oranları	75
Şekil 7.13. Kars Çayı ana havzası için Mockus taşkın hidrografları	77
Şekil 7.14. Snyder birim hidrograf parametreleri	79
Şekil 7.15. W ₅₀ ve W ₇₅ birim hidrograf genişliklerinin okunması.....	79
Şekil 7.16. Kars Çayı ana havzası için Snyder birim hidrografi.....	80
Şekil 7.17. Yağışın zaman içerisindeki dağılımı grafiği.....	82
Şekil 7.18. Kars Çayı ana havzası için Snyder tekerrürlü taşkın hidrografları.....	83
Şekil 7.19. C akış katsayıları.....	85
Şekil 7.20. Rasyonel metotta kullanılabilen bir tür nomogram	86
Şekil 7.21. Ana havza için hesaplanmış tüm taşkın hidrografları.....	88
Şekil 7.22. Tekerrür yılları dikkate alınarak taşkın debilerine göre yöntemlerin mukayesesi	89
Şekil 7.23. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havza	89
Şekil 7.24. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın taşkın hidrografları	90
Şekil 8.1. Dijital harita (1/1000)	91
Şekil 9.1. Bülbül deresi ıslahlı kanal boyutlandırması.....	108
Şekil 9.2. CORINE arazi üstü kullanımı envanterine göre ortalama Manning n değerleri.....	133
Şekil 9.3. 2004 taşkınının üretilmiş hidrografi	145

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Seçilen çalışma alanının konumu.....	5
Resim 2.2. Çalışma alanı yan dereleri: Kars Çayı, Bayrampaşa deresi, Bülbül deresi, Karacaören.....	6
Resim 2.3. Çalışma alanını besleyen tepe ve dağların konumu	7
Resim 3.1. E24A009 isimli AGİ'nin havza çıkış noktasına göre konumu, Kars Barajı	9
Resim 3.2. Kars ilçeleri ile Alpaslan, Bayrampaşa, Bülbül ve Paşaçayırı Mahalleleri..	11
Resim 3.3. 2009'da Kars Çayı'nda meydana gelen bir taşkına ait görsel.....	12
Resim 3.4. 2012 senesinde Kars Çayı'nda gerçekleşen bir taşkına ait haber.....	13
Resim 3.5. 2019 senesindeki bir taşkın haberi.....	14
Resim 8.1. Create Surface komutuyla yüzey oluşturulması	92
Resim 8.2. Drawing Objects>3D Faces komutuyla 3D alanların tanıtılması	92
Resim 8.3. Üçgen modelin oluşturulması (TIN).....	93
Resim 8.4. Objectviewer komutuyla oluşturulan TIN modelinin 3D görünümü (mansap ve Bayrampaşa deresi).....	93
Resim 8.5. Talveg güzergâhları (ana dere ve Bayrampaşa yan kolu)	94
Resim 8.6. En kesitler	95
Resim 8.7. Ana dere 0+350.000 km'den bir kesit görüntüsü.....	96
Resim 8.8. Ana dere talveg güzergâhı yan profili.....	96
Resim 9.1. Geometri bilgisinin tanıtılması ve düzenlenmesi.....	99
Resim 9.2. Bayrampaşa deresi geometri bilgileri	100
Resim 9.3. Bayrampaşa deresindeki menfezlerin uydu görüntüsünden karşılaştırılması	100
Resim 9.4. Bayrampaşa deresi topoğrafyası	101
Resim 9.5. Bayrampaşa deresi taşıma kapasitesi	102

Resim	Sayfa
Resim 9.6. Bayrampaşa deresi 5 numaralı menfezin kaldırılmasıyla ortaya çıkan boy profili.....	103
Resim 9.7. Bayrampaşa deresi üzerindeki tüm yapıların kaldırılması halinde meydana gelen boy profili.....	104
Resim 9.8. Bayrampaşa deresi Q_{25} (66,84 m ³ /s) 1D analizi boy profili.....	104
Resim 9.9. Bayrampaşa deresi Q_{50} (84,20 m ³ /s) 1D analizi boy profili	105
Resim 9.10. Bayrampaşa deresi Q_{100} (102,76 m ³ /s) 1D analizi boy profili	105
Resim 9.11. Bayrampaşa deresi Q_{500} (151,92 m ³ /s) 1D analizi boy profili	106
Resim 9.12. Bayrampaşa deresi Q_{1000} (176,07 m ³ /s) 1D analizi boy profili.....	106
Resim 9.13. Bülbül deresi kanal şev duvarlarının durumu	107
Resim 9.14. Bülbül deresi üzerindeki menfez yapıları ve uydu görüntüsüyle eşleştirilmesi.....	108
Resim 9.15. Bülbül deresi taşıma kapasitesi boy profili.....	109
Resim 9.16. 3-5-6-7 numaralı menfezlerin kaldırılmasıyla çalışılan analizde meydana gelen taşıma kapasitesi boy profili.....	110
Resim 9.17. Bülbül deresi üzerindeki bütün menfez yapılarının kaldırılmasıyla çalışılan analizde meydana gelen taşıma kapasitesi boy profili.....	110
Resim 9.18. Bülbül deresi Q_{25} (26,15 m ³ /s) debisi taşkın analizi boy profili	111
Resim 9.19. Bülbül deresi Q_{50} (33,51 m ³ /s) debisi taşkın analizi boy profili	111
Resim 9.20. Bülbül deresi Q_{100} (41,60 m ³ /s) debisi taşkın analizi boy profili.....	112
Resim 9.21. Bülbül deresi Q_{500} (63,63 m ³ /s) debisi taşkın analizi boy profili.....	112
Resim 9.22. Bülbül deresi Q_{1000} (74,39 m ³ /s) debisi taşkın analizi boy profili	113
Resim 9.23. Kars Çayı membainin akım güzergâhı, mevcut yerleşimler, kesit Süreksizlikleri.....	114
Resim 9.24. Kars Çayı ıslahlı kanaldan Bülbül deresi birleşimine bakar fotoğraf.....	115
Resim 9.25. Banket ve Paşacayı kotlarını gösterir boy profili	115
Resim 9.26. Kars Çayı membaindeki hidrolik yapılar	116

Resim	Sayfa
Resim 9.27. Kars Çayı üzerinden geçirilen su borusu	117
Resim 9.28. Selahattin Filtekin Köprüsü'nü ve su borusunu gösterir uydu görüntüsü..	117
Resim 9.29. Kars Çayı üzerindeki demir yaya geçidinin memba ve mansaptan görünüşü.....	118
Resim 9.30. Bülbül deresinin Kars Çayı'na katıldığı noktada Kars Çayı'nın üzerindeki köprü.....	119
Resim 9.31. Bayrampaşa deresinin Kars Çayı'na katıldığı noktada Kars Çayı'nın üzerindeki köprü.....	119
Resim 9.32. Kars Çayı üzerindeki yapıların analizde kullanılmak üzere yatak boy profili üzerinde isimlendirilmesi.....	120
Resim 9.33. Bülbül deresinin Kars Çayı ile birleştiği noktanın membaındaki bölümün taşıma kapasitesi boy profili.....	121
Resim 9.34. Kars Çayı membaı için Q_2 ($121,43 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	122
Resim 9.35. Kars Çayı membaı için Q_5 ($218,27 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	122
Resim 9.36. Kars Çayı membaı için Q_{25} ($393,28 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	123
Resim 9.37. Kars Çayı membaı için Q_{50} ($470,84 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	123
Resim 9.38. Kars Çayı membaı için Q_{100} ($549,5 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	124
Resim 9.39. Kars Çayı membaı için Q_{500} ($693,14 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	124
Resim 9.40. Kars Çayı membaı için Q_{1000} ($743,76 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili.....	125
Resim 9.41. Kars Çayı-Bülbül deresi birleşiminin mansabı için taşıma kapasitesi analizinde ortaya çıkan boy profili.....	126
Resim 9.42. Yaya geçidi 2'de kanal genişliği daraltan yapı elemanının kaldırılması sonucu meydana gelen boy profili.....	127

Resim	Sayfa
Resim 9.43. Çalışılan kanal üzerindeki tüm yapıların kaldırılması sonucu meydana gelen boy profili.....	127
Resim 9.44. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{10} ($311,45 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili.....	128
Resim 9.45. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{25} ($311,45 \text{ m}^3/\text{s}$)taşkın analizine ait boy profili.....	129
Resim 9.46. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{50} ($505,32 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili.....	129
Resim 9.47. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{100} ($591,9 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili.....	130
Resim 9.48. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{500} ($782,66 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili.....	130
Resim 9.49. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{1000} ($792,38 \text{ m}^3/\text{s}$)taşkın analizine ait boy profili.....	131
Resim 9.50. 2D akım alanı.....	132
Resim 9.51. CORINE envanterine göre Manning n değerleri.....	134
Resim 9.52. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_2 taşkın analizi ($Q_2=104,35 \text{ m}^3/\text{s}$).....	135
Resim 9.53. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_5 taşkın analizi ($Q_5=184,61 \text{ m}^3/\text{s}$).....	136
Resim 9.54. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{10} taşkın analizi ($Q_{10}=244,62 \text{ m}^3/\text{s}$).....	137
Resim 9.55. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{25} taşkın analizi ($Q_{25}=323,68 \text{ m}^3/\text{s}$).....	138
Resim 9.56. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{50} taşkın analizi ($Q_{50}=383,22 \text{ m}^3/\text{s}$).....	139
Resim 9.57. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{100} taşkın analizi ($Q_{100}=442,66 \text{ m}^3/\text{s}$).....	140
Resim 9.58. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{500} taşkın analizi ($Q_{500}=535,56 \text{ m}^3/\text{s}$).....	141
Resim 9.59. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{1000} taşkın analizi ($Q_{1000}=561,33 \text{ m}^3/\text{s}$).....	142
Resim 9.60. Bayrampaşa deresine suyun daha membadan verilmesi durumu 2D taşkın analizi.....	143
Resim 9.61. Bülbül deresine suyun daha membadan verilmesi durumu 2D taşkın analizi.....	144

Resim	Sayfa
Resim 9.62. Oluşturulan 2D model üzerinde çalışılan 2004 taşkınını temsil eden taşkın yayılım alanları.....	146
Resim 10.1. Paşacayırı mevkiindeki doğal kesit geometrilerinde görülen şev üst kotlarının düzensiz olduğunu gösteren boy profili.....	153
Resim 10.2. Masal Parkı ve çevresindeki düzlükler	153
Resim 10.3. Bayrampaşa deresinin su topladığı geniş ve düz alanlar	158

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
m^3	Metreküp
s	Saniye
km	Kilometre
km^2	Metrekare
l	Litre
sa	Saat
mm	Milimetre
ha	Hektar
d	Uzunluk
D	Suların toplanma zamanına tekabül eden yağış süresi
N	Rasat yılı
X	Rasat değeri
T	Taşkın süresi
P	Yağış değeri
h_a	Akış yüksekliği
h_y	Yağış yüksekliği
K	Frekans faktörü
A	Alan
L	Su kolu boyu
L_c	Havza ağırlık merkezine en yakın izdüşüm noktasının havza çıkışına olan mesafesi
q_p	Birim debi
S	Harmonik eğim
Z	Ampirik katsayı
C_s	Eğiklik katsayısı
S_n	Standart sapma

Simgeler**Açıklamalar**

μ_x	Rasat değerlerinin ortalaması
σ_x	Rasat değerlerinin standart sapması
μ	Mod
α	Biçim parametresi
β	Ölçek parametresi
Γ	Gamma fonksiyonu
γ	Eşik parametresi
q_v	Verim
Q	Debi
C	Akış katsayısı

Kısaltmalar**Açıklamalar**

1D	1 dimension
2D	2 dimension
3D	3 dimension
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AGİ	Akım gözlem istasyonu
apps	Applications
ASTER	Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BA	Baz akım
BTFA	Bölgesel taşkın frekans analizi
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
CGLS	Copernicus Global Land Service
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DSİ	Devlet Su İşleri
DEM	Digital elevation model
DTM	Digital terrain model
ED	European datum
ESRI	Environmental Systems Research Institute

Kısaltmalar**Açıklamalar**

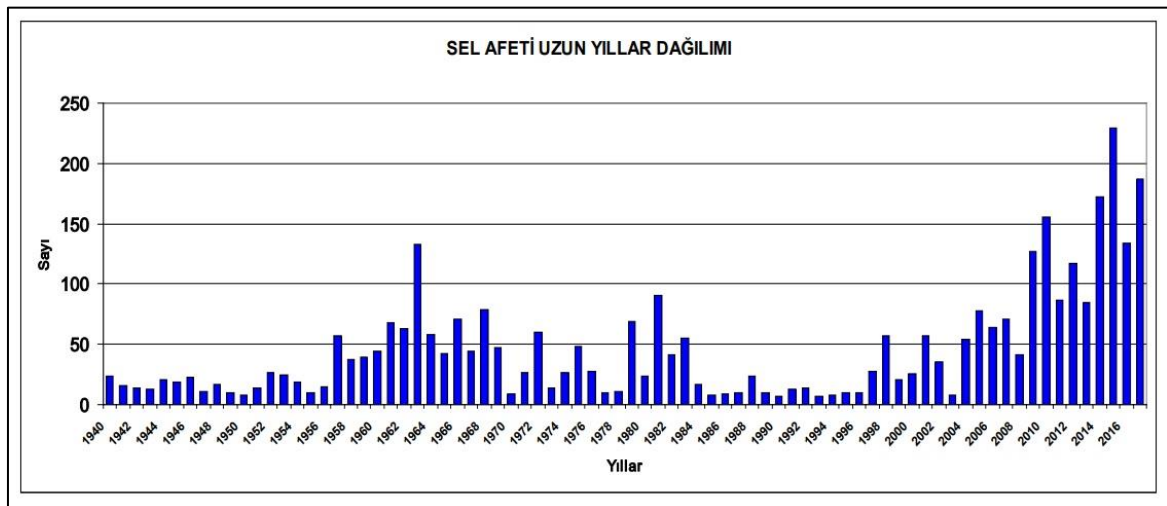
FAHP	Fuzzy Analytic Hierarchy Process
G	Gumbel
GDEM	Global Digital Elevation Model
GIS	Geographical information systems
HEC-RAS	Hydrologic engineering center's river analysis system
IPHAS	Inventory of PHenomena Alluvial of Salento
İVTYS	İlişkisel veri tabanı yönetim sistemi
İHA	İhlas Haber Ajansı
KML	Keyhole markup language
LN2	Log-normal 2
LN3	Log-normal 3
LPT3	Log-Pearson Type 3
METİ	Ministry of Economy, Trade and Industry
MGİ	Meteoroloji gözlem istasyonu
N	Normal
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NTFA	Noktasal taşkın frekans analizi
Ort	Ortalama
PT3	Pearson Type 3
RS	Remote sensing
SMCA	Spatial multi-criteria analysis
SOAP	Simple object access protocol
SYM	Sayısal yükseklik modeli
TIN	Triangulated irregular network
UTM	Universal transverse mercator
WGS	World geodetic system
YSA	Yapay sinir ağlar

1. GİRİŞ

Beşeri, siyasi ve ekonomik yönlerden etkin bir konu olan ve coğrafyalarda hayatı temsil ve teşkil eden su varlığının denetim ve kontrolü gerekli organlarca özenle yapılmalı, bunun yanında inşa edilecek yapılar ekolojik dengeyi gözeterek bir projelendirme ve yapım aşamalarından geçirilerek doğa ve topoğrafyayla bütünleşik bir mühendislik perspektifiyle ele alınmalıdır. Bu bakış açısıyla ele alınan su varlığının beşeri hayatı etkileyen en önemli sorunlarından biri taşkınlardır.

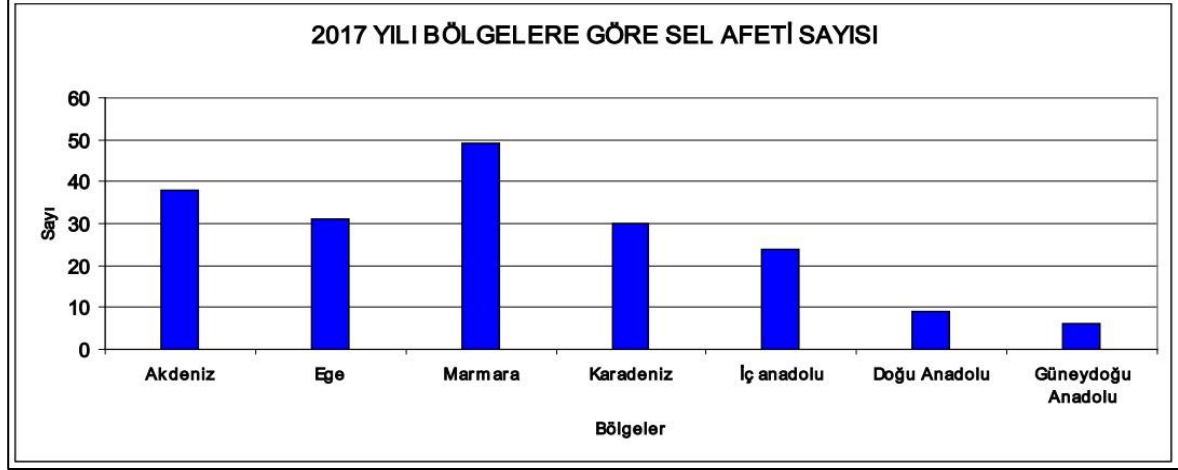
Taşkın; bir akarsuyun, çeşitli sebeplerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle etki bölgesinde normal sosyoekonomik hayatı kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayıdır [1].

Türkiye matematiksel konumu itibarıyla mevsimlerin belirgin yaşandığı ve cephe yağışlarının sık görüldüğü bir karakteristiğe sahiptir. Özellikle Karadeniz ve Akdeniz gibi dağların denize dik uzandığı ve nehir yataklarının derin vadilerin içerisinden geçtiği efektif drenaj alanlarına sahip bölgeleri mevcuttur. Bu karakteristik özellikler taşkınların görülme tehlikesini artırmaktadır. 1940-2017 yılları arasında çeşitli nedenlerle Türkiye’de gerçekleşmiş ve kaydedilmiş taşkınlara yönelik bilgiler Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye’de 1940-2017 yılları arasında meydana gelmiş taşkın sayısının yıllara göre dağılımı [2]

Şekil 1.1.'deki verilere göre son 10 yılda her yıl yaklaşık olarak 50 ve daha fazla sayıda sel olayı gerçekleşmiştir. 2015 yılı 2017 yılından sonra sel afetinin en fazla görüldüğü ikinci yıl olmuştur. Şekil 1.2'de görüldüğü üzere 2017 yılı içerisinde oluşmuş taşkınların en sık görüldüğü bölgeler Marmara, Akdeniz ve Karadeniz bölgeleridir.



Şekil 1.2. 2017 yılı içerisinde gerçekleşmiş taşkın sayısının bölgelere dağılımı [2]

Yağış rejimindeki değişikliklerin etkisinin dışında taşkınların son yıllarda daha sık görülmesindeki nedenler; yanlış yapılaşma, dere yataklarının daraltılıp yok edilmesi ve bitki örtüsündeki tahribatlardır. Taşkın sahaları ihtiva ettiği iklim uygunluğu, yeşil alanların yeterliliği, rekreatif bölgeler, suya erişim ve suyu kullanma olanaklarının çeşitliliği vb. gibi özelliklerinden dolayı insan ve toplum yaşamı için oldukça elverişli sahalardır. Taşkın sahalarının bu durumu ve doğaya karşı gerçekleştirilen beşeri müdahaleler birlikte ele alındığında taşkınların neden olduğu ekonomik kayıpların artacağı aşîkardır. Çizelge 1.1'de 1955-2009 döneminde Türkiye'de gerçekleşmiş taşkınların karakteristiği ve maddi kayıplar ortaya konmuştur.

Çizelge 1.1. Türkiye’de 1955-2009 döneminde meydana gelmiş taşkınların karakteristiği [3]

Yıl	Taşkın Sayısı	Ölü	Zarar Gören Alan (Ha)	Maddi Kayıp (\$)	Yıl	Taşkın Sayısı	Ölü	Zarar Gören Alan (Ha)	Maddi Kayıp (\$)
1955	8	-	86675	3 122 733	1983	12	6	1588	21 154 159
1956	22	90	178668	11 324 144	1984	12	-	28457	2 602 760
1957	49	190	61266	20 276 255	1985	7	-	300	211636
1958	22	13	49336	7 617 225	1986	8	-	-	-
1959	50	17	21954	11 564 586	1987	7	-	915	1 275 708
1960	98	1	78123	12 370 351	1988	24	17	3910	10 030 206
1961	42	24	45860	15 510 580	1989	11	1	9550	3 252 309
1962	117	15	94014	16 423 257	1990	22	56	5508	207 616 671
1963	122	25	191983	35 255 747	1991	17	52	11384	6 319 905
1964	69	32	53149	11 379 669	1992	13	1	690	12 644 290
1965	63	3	96358	24 833 845	1993	2	-	60	56095
1966	90	25	137971	39 872 782	1994	8	4	1655	1 283 090
1967	81	4	52466	8 935 221	1995	27	164	201078	202 000 000
1968	170	24	170029	86 153 068	1996	8	-	11026	1 410 010
1969	30	6	125104	20 066 068	1997	19	-	4818	60000
1970	8	3	18306	876242	1998	59	79	42345	41 831 770
1971	31	6	4400	7 831 998	1999	21	5	9889	2 235 967
1972	109	33	21076	17 462 526	2000	25	9	20367	138 281 040
1973	19	22	44188	11 090 778	2001	56	37	95545	405 326 632
1974	35	73	2534	5 366 167	2002	48	47	4494	104 840 590
1975	51	8	7242	18 141 515	2003	22	14	56111	325 377 200
1976	28	1	324	5 488 901	2004	39	15	23458	307 586 950
1977	26	11	426	4 651 923	2005	39	35	53920	502 706 880
1978	22	-	13759	1 466 603	2006	44	62	76377	353 682 242
1979	22	61	2950	13 027 595	2007	47	44	1350	38 416 360
1980	36	9	48473	12 449 342	2008	27	15	10	18 284 150
1981	16	1	1980	13 740 520	2009	100	67	8 000	400 000 000
1982	10	-	2812	1 307 639	Toplam	2189	1427	2 284 231	3 546 093 900

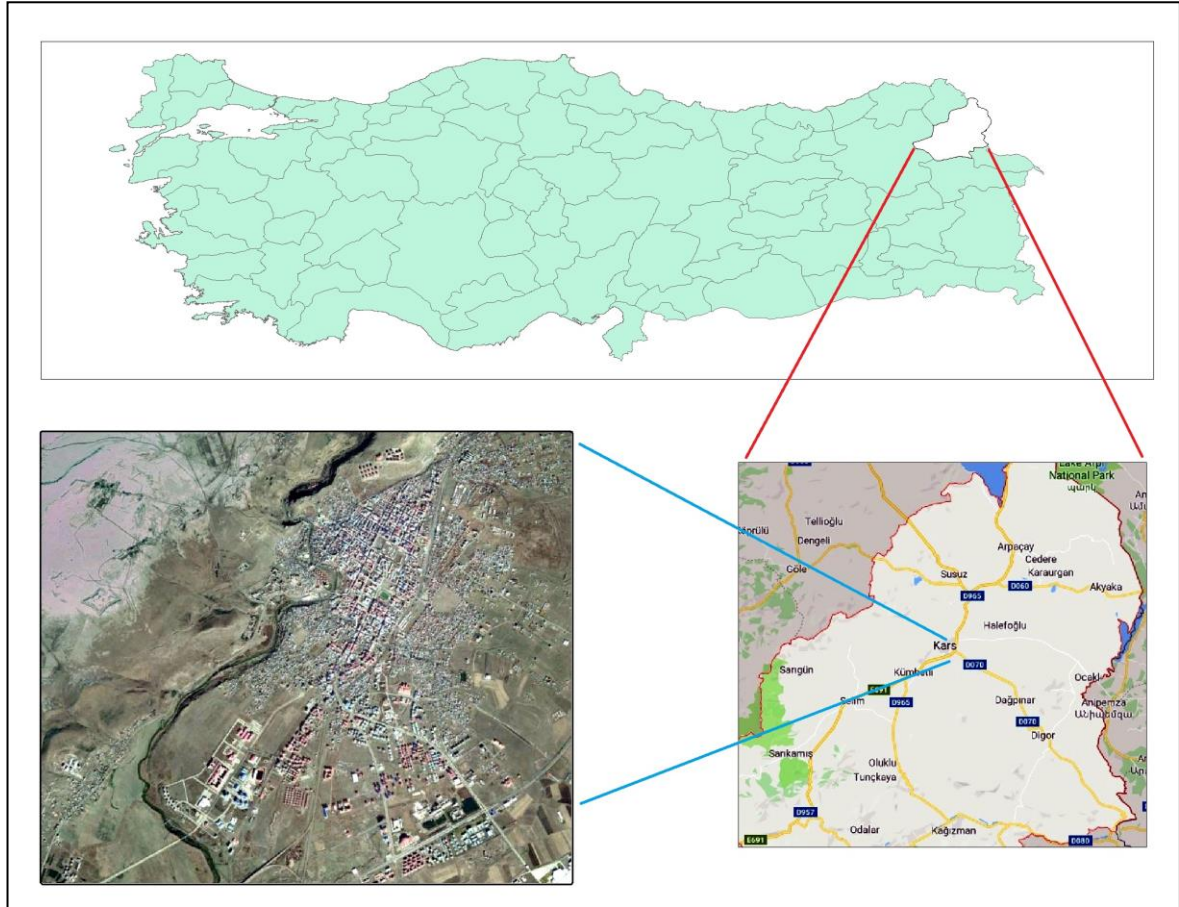
Çizelge 1.1 dikkatle incelendiğinde 1972 yılında 109 taşkın olayının meydana geldiği ve 21076 ha alanın etkilendiği, maddi hasarın ise 17 462 526 \$ olduğu görülecektir. Ancak 2009 yılında da 100 taşkın olayının meydana gelmesine ve etkilenen alanın 8 000 ha ile sınırlı kalmasına karşın maddi kaybın 400 000 000 \$ seviyesinde gerçekleşmesi taşkın sahalarının her geçen gün ekonomik faaliyetler için daha fazla kullanılmaya başlandığının göstergesidir.

Taşkınlar hidrolojik çevrim sürecinin doğal bir sonucu olduğundan engellenmesi düşünülmaz ve fakat yapılacak hidrolojik çalışmalar neticesinde oluşacak taşkınların tahmini ve taşkın risk haritalarının çıkarımı ile gerekli tedbirler alınabilir, hidrolik yapılar bu çıktılar doğrultusunda projelendirilebilir ve yerleşim bölgeleri ile imar durumu hakkında gerekli bilinç düzeyine ulaşılabilir. Böylece meydana gelmesi muhtemel maddi kayıp ve diğer hasarlar en aza indirilebilir.

Bu çerçevede çalışma alanı tanıtılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki akım ağları belirlenmiş ve bölgesel olarak sorun teşkil edecek mahalleler saptanmıştır. Problem durumu ortaya konmuş ve daha evvel meydana gelmiş taşkınlarla ilgili önemli medya kaynaklarındaki bilgiler raporlanmıştır. Bu minvalde çalışmanın detayları belirlenmiş ve bir akış diyagramı oluşturulmuştur. Bütün sorunlar üzerinde çalışmaya örnek teşkil eden literatürdeki önceki çalışmalar taranmış ve tanıtılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile havza karakteristikleri belirlenmiştir. Elde edilen havzaların akış ve yağış hidrolojisi çalışılmıştır. AutoCAD Civil 3D ile akış yüzeyleri oluşturulmuş, talveg boy profilleri ve en kesitleri oluşturulmuştur. HEC-RAS programı yardımıyla da tek boyutlu ve iki boyutlu taşkın analizleri çalışılmış, taşkın yayılım sahaları belirlenmiş ve sonuçlar tartışılarak gerekli önerilerde bulunulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

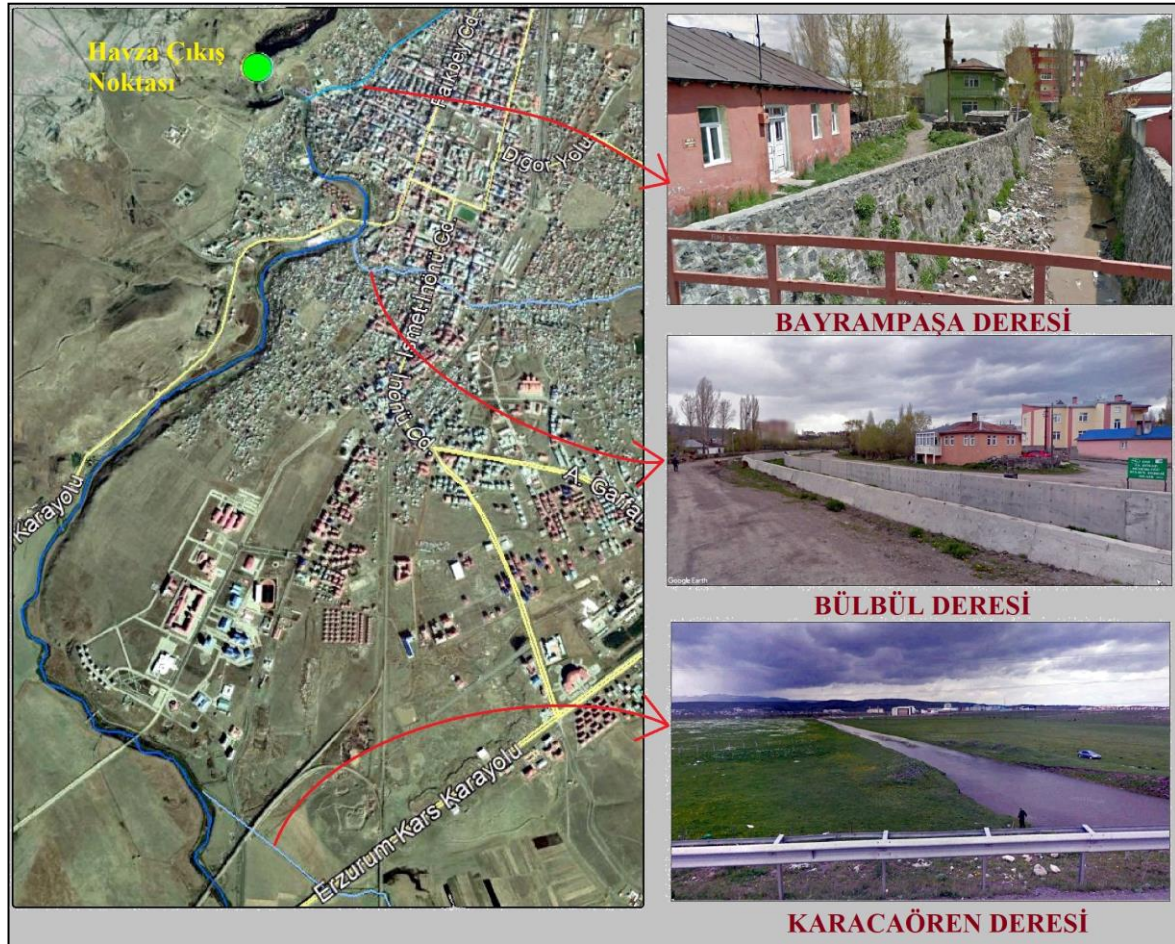
Çalışmada Aras Havzası içerisinde yer alan alt havzalardan Kars Çayı Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın amacı, bir CBS programı (ArcGIS 10.3) yardımıyla elde edilecek hidrolojik verilerle (havza sınırları, havza ağırlık merkezleri, havza alanları, su kolları ve uzunlukları vb.) birlikte değişik tekerrür yıllarında meydana gelebilecek muhtemel taşkınların debilerini uygun hidrolojik yöntemleri kullanarak hesap etmek ve bu doğrultuda da 1D ve 2D hidrolik modellemeler kurulup taşkın analizleri yapılarak taşkın tehlike haritalarının belirlenmesidir. Çalışma alanının konumu itibariyle genelden özele doğru gösteren harita Resim 2.1’deki gibidir.



Resim 2.1. Seçilen çalışma alanının konumu [4]

Taşkın değerlendirmelerinin yapılacağı alan mansapta havza çıkış noktası (Kars Çayı'nın Kars/Merkez'i terk ettiği tarihi taş köprü'nün olduğu yer) , membada ise D965 Erzurum-Kars Karayolu ile sınırlandırılmıştır. Bu bölge içerisinde; Kars Çayı, Karacaören'den gelip

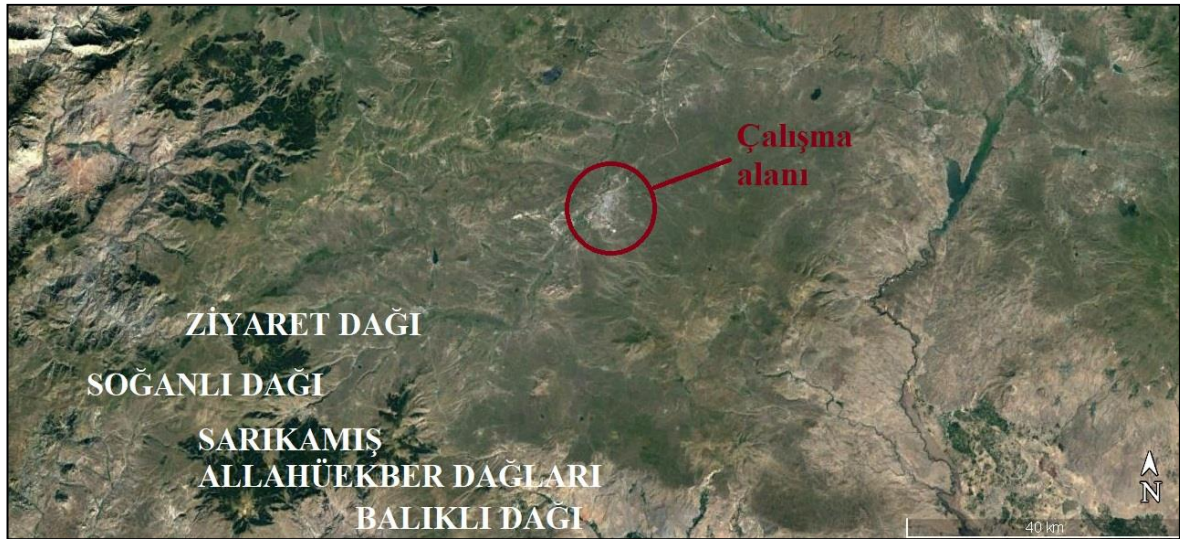
Kafkas Üniversitesi mevkiinden Kars Çayı'na boşalan Karacaören deresi, D965 Erzurum-Kars Karayolu'nu şehrin doğusundan kesip şehir merkezinden geçerek Şht. Er Asım Akçay Sokağı'nın doğu sınırından itibaren ıslah ve düzenleme çalışmalarının DSİ tarafından yapıldığı ve Haydar Aliyev Parkı önünden Kars Çayı'na boşalan Bülbül deresi, şehrin kuzeydoğusundan gelerek tren yolu istikametinde devam eden ve Kümbet Camii ile Evliya Camii (Harakani Türbesi) arasında menfez çalışmasıyla yatağın yer altına alındığı ve tarihi Taş Köprü istikametinde çaya boşalan Bayrampaşa deresi bulunmaktadır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Çalışma alanı yan dereleri: Kars Çayı, Bayrampaşa deresi, Bülbül deresi, Karacaören deresi [4]

Çalışma alanının Kars ilinin merkezine tabi olması dolayısıyla coğrafi konumu çalışmayı yakından ilgilendirmektedir. Kars ilinin yarısı 2000 m'nin üzerinde rakıma sahiptir. Kışları hava sıcaklığı -35'li derecelerde olmakta ve birçok göl ve dere donmaktadır. Su toplama havzası bilhassa güneybatıda konuşlanmış Sarıkamış/Allahüekber, Soğanlı, Ziyaret ve Balıklı dağlarından beslenmektedir (Resim 2.3). Alana en fazla yağış karasal iklimin

tesiriyle ilkbahar ve yaz aylarında düşmektedir. Ortalama yağış yüzey şekillerine göre değişmekle birlikte 510 mm dolayındadır. Yazın yüksek sıcaklıkta yağış düşmesi, buharlaşma yoluyla su kaybının fazla olmasını ve bitki örtüsünü etkilemektedir. Toprakların geneli bozkırlarla kaplıdır. Bu havza özelliklerinden dolayı tarımsal sulama zaruridir. Orman yetişmesinin alt sınırı 1900 - 2000 m'den geçer ve en yaygın ağaç türü, soğuk kışlara dayanabilen, Sarıçam'dır [5].



Resim 2.3. Çalışma alanını besleyen tepe ve dağların konumu [4]

3. PROBLEM DURUMU VE GEÇMİŞ TAŞKINLAR

Kars Çayı ve üst kollarının donan suyu bahar aylarındaki ani sıcaklık artışı dolayısıyla çözülmekte, buna ilaveten bilhassa Sarıkamış mevkiinde konumlanmış dağ ve tepelerdeki ani kar ve buz erimelerinden gelen suların eklenmesiyle Kars Çayı taşkın tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Havza çıkış noktasının yaklaşık 20 km mansabında Kars Barajı'nın membaında bulunan E24A009 isimli akım gözlem istasyonunda 2004 senesinde ölçülmüş akım değeri $601 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir (Resim 3.1). Bu değerin çalışma alanı havzasına noktasal olarak taşınmış hali ise;

$$Q_{proje} = Q_{AGI}(A_{proje}/A_{AGI})^{2/3} \quad (3.1)$$

$$Q_{proje} = 601 \left(\frac{2420,43}{2928} \right)^{2/3} = 529,37 \text{ m}^3/\text{s}'\text{dir.}$$

Bu, 51 yıllık kaydı olan bu AGİ'de gözlenmiş en büyük akım değeridir. Mart ayında gözlenmiş bu değer üzerinde bahardaki bu kar ve buz erimelerinin ve ani şiddetli yağışların etkisi büyüktür. Aynı AGİ kayıtlarında 1960 - 2010 yılları arasında ölçülmüş en yüksek ikinci maksimum akım değeri $451 \text{ m}^3/\text{s}$ (Eş. 3.1 ile noktasal olarak havzaya taşınmış halinin değeri $397,24 \text{ m}^3/\text{s}$) ile 1991 senesinin Nisan ayında gözlenmiştir.



Resim 3.1. E24A009 isimli AGİ'nin havza çıkış noktasına göre konumu, Kars Barajı [4]

Son 15 yıl içerisinde neredeyse her sene Kars Çayı'nda veya köylere ulaşan kollarında taşkınlar yahut taşkın tehlikeleri görülmüştür. Taşkınlar yer yer can kayıplarına neden olurken çoğunlukla hayvan telefne, ev ve tarımsal zarar şeklinde kayıplara yol açmıştır.

4-7 Mart 2004 senesinde Türkiye genelindeki ani mevsim geçişleri ve düzensiz meteorolojik seyir ile kar-buz erimeleri nedeniyle başta doğu bölgelerindeki akarsular olmak üzere birçok akarsuyu olumsuz etkilemiş ve taşkınlara sebebiyet vermiştir [6]. İHA'nın 07.03.2004 tarihli haberi kayıtlara şöyle geçmiştir:

Kars'ta son 4 gündür etkili olan sel nedeniyle evleri sulara gömülen vatandaşlar evlerini satılığa çıkardı. Özellikle dere yatağında bulunan evlerin ağır hasar gördüğü Kars'ta, kirada oturanlar şehir merkezine yönelirken, birçok ev sahibi ise evlerini satılığa çıkardı.

Vatandaşlar günlerdir şehir merkezinde kiralık ev arıyor. Belediye Başkanı Naif Alibeyoğlu, selzedelerin dertleriyle yakından ilgilenerek belediye ekiplerini yönlendiriyor. Son 30 yılın en şiddetli sel afetinin yaşandığı Kars'ta, kara ve demiryolu kullanılamaz hale geldi. Kars Çayı'nın taşmasıyla birlikte deniz manzarasına bürünen Kars'ta, alt yapı ise büyük zarar gördü. Kars-Erzurum Karayolu su istasyonu mevkiinde kullanılamaz hale geldi. Kars'ta karayolunda geçişler tek şeritten kontrollü olarak verildi.

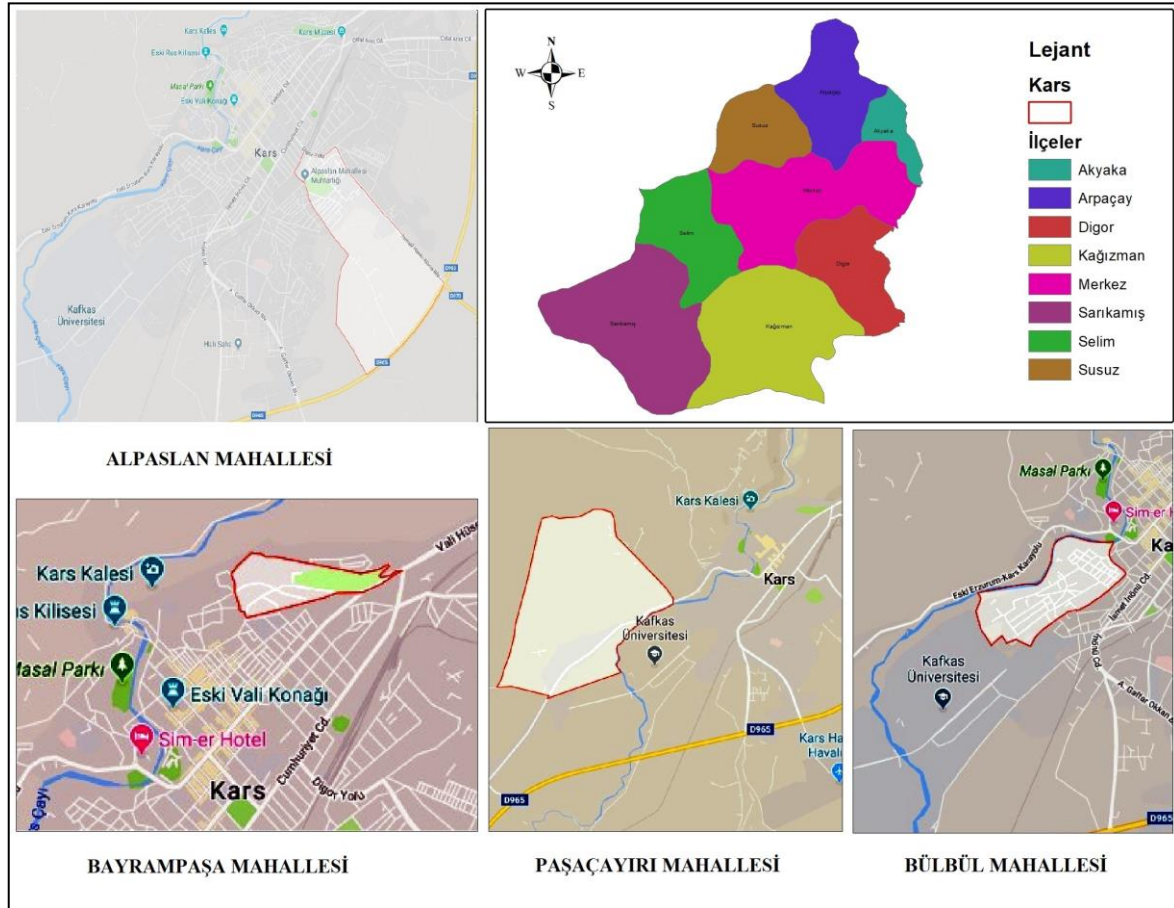
Tren raylarının da sel nedeniyle tahrip olması nedeniyle Kars-Akyaka tren seferleri iptal edildi. Oluşturulan kriz merkezine gelen bilgilere göre, Dığor ilçesinde 15, Kağızman'da 20, Akyaka'da 17, Arpaçay'da 12, Sarıkamış'ta 8, Selim'de 11, Susuz'da 5 ve merkezde 16 olmak üzere toplam 104 köyün sular altında kaldığı bildirildi. Merkeze bağlı Karacaören Köprüsü ile Kars Çayı üzerindeki Yeni Köprü sel nedeniyle yıkıldı.

Yetkililer, Kars'ın 4'de 3'ünün sular altında kaldığını ve zararın çok büyük olduğunu belirterek hasar tespit çalışmalarının suların çekilmesinden sonra yapılabileceğini bildirdi [7].

Aynı tarihli bir başka haber ise şöyle verilmiştir:

Kars ve çevresinde dünden beri etkili olan yağmur yağışı sebebiyle Kars Çayı'nın taşması sonucu yüzlerce ev su altında kaldı. Sel yüzünden Paşacıyırı, Bülbül ve Alpaslan mahallelerinde, özellikle dere yatağında kalan evler tamamen suya gömüldü. Bayrampaşa ve Paşacıyırı mahalleleri köprülerinin, tehlike arz ettiği için trafiğe kapatılmasıyla şehir merkezi ile irtibatları kesildi. Bülbül Mahallesi'nde ikamet eden İsmail Kaya'ya ait ahır ise dün gece çöktü. Ahırın çökmesi sırasında 2 büyükbaş ve çok sayıda küçükbaş hayvan telef oldu. Sel nedeniyle yüzlerce insan evlerindeki eşyalarını kurtarmak için büyük bir gayret gösterirken, belediye ve diğer resmi kurum ekipleri, su tahliyesi için çalıştı [8].

Bu iki haberde taşkından etkilenmiş yerler Resim 3.2’de gösterilmiştir.



Resim 3.2. Kars ilçeleri ile Alpaslan, Bayrampaşa, Bülbül ve Paşacıyırı Mahalleleri [4]

2007 senesinde kayıtlara geçen başka bir haber şöyle verildi:

Yağmur ve kar suları nedeniyle taşan Kars çayı, ana su depolarını sular altında bıraktı. 1 milyon YTL maddi zararın meydana geldiği su depolarında oluşan hasar nedeniyle 2 bin abonenin suyu kesildi.

Aras havzasından kaynağını alan Kars çayında, Sarıkamış’tan da gelen kar suları ve 2 gündür etkili olan yağışlar sonucu su taşkınları oluştu. Kale civarında Kars çayı bitişiğinde bulunan mesire alanları da su altında kaldı. Terfi merkezi ve 15 adet su kuyusu, Kars-Erzurum istikameti Dikme köyü civarında oluşan göllenme nedeniyle sulara gömüldü. Dalgıç dikey motorlar, Terfi Merkezi’nin yatay pompalarının arızalanması nedeniyle 3 mahallede 2 bin abonenin suyu kesildi. Kars Belediyesi Su Otobüs Mezbahane (SOM) İşletmesi Müdürü Kutfettin Çelebi, yaptığı açıklamada, ‘İller Bankası tarafından 1992 yılında yapılan bu tesisimiz ve buna bağlı 15 kuyu sel sularının altında kaldı. Şu anda motorları kontrol etme şansımız bile yok. Suyun çekilmesini bekleyeceğiz. Su seviyesi geceleri daha da artmaktadır. Şu anda bu bölge ve bu bölgeye bağlı olan mahallelerimize içme suyu veremiyoruz. Şehitler ve

Bülbül Mahallesi, Son Evler ve terfi hattı üzerinde bulunan evlere su verilemiyor. Yaklaşık 2 bin abonemiz mağdur oldu'. Sel ve göllenmelerin yanı sıra soğuk havasında etkili olduğu Kars'ta yer yer yağan sulu kar vatandaşlara zor anlar yaşattı [9].

2009 senesinin Temmuz ayında ortaya gelen bir taşkın ise Resim 3.3'teki görsel kullanılarak "Kars'ta sel can kaybı olmadan atlatıldı" başlığıyla verildi ve meydana gelen taşkında can kaybı olmadığı ancak mal kayıplarının olduğu vurgulandı. Haberde Alpaslan Mahallesi'nde meydana gelen hasarlardan bahsedildi [10].



Resim 3.3. 2009'da Kars Çayı'nda meydana gelen bir taşkına ait görsel [10]

2010 senesinde Kars Çayı'nda meydana gelen taşkını gündeme getiren haber "Kars'ta FELAKETİN Bilançosu!" başlığıyla yayımlandı. Haberde şöyle denildi:

Kars Çayı 2004 yılına kadar her yıl taşarak kenti tehdit ediyordu. Benzer görüntülere sık sık rastlanıyor ve her Mart ayında sel baskınları oluyordu. Aradan geçen 6 yıl içinde eski yıllara oranla pek sıkıntı yaşatmayan Kars Çayı dün akşamdan itibaren tehdit oluşturmaya başladı. Cumhuriyet Köyü bitiğinde başlayan taşkınlar Paşaçayır mahallesine kadar ulaştı. Sabah saatlerinde pek de tehdit sinyalleri vermeyen Kars Çayı akşam saatlerine doğru iyice coştı. Yol kenarındaki evlerin bahçeleri sularla dolarken göllenen alandaki adacıkta mahsur kalan at sahibi tarafından kurtarılmak istendi. Başka bir atla mahsur kalan atın yanına giden vatandaş zor anlar yaşadı. Mahsur kalan atı kıyıya çıkarmayı başaramayan şahıs akla karayı seçti. Uzun uğraşlar sonucunda at kurtarıldı ve yol kenarına alındı. Bu arada Eski Değirmen ve eski Erzurum köprüsü arasında kalan bazı binalar ve

kulübeler ile askeriyeeye ait su deposu sular altında kaldı. Komutanlar da bölgeye gelerek incelemelerde bulundular. Askerler ise depoya gidebilmek için suyun dinmesini bekliyor. Kars Çayı'nın kent merkezinden geçen kısmında da sular iyice yükseldi. Bu gece de havanın lodoslu ve yağmurlu olması durumunda yarın kentin bazı mahallerinin sular altında kalmasından endişe ediliyor [11].

2012 senesinde Kars Çayı'nda gerçekleşen bir taşkına ait haber Resim 3.4'teki görsel ve başlık ile verildi.



Resim 3.4. 2012 senesinde Kars Çayı'nda gerçekleşen bir taşkına ait haber [12]

2019'a gelene kadar neredeyse her yıl bahar aylarında buzların çözülmesi ve karların erimesi ile yoğun yağışlar sonucu Kars Çayı kollarının ulaştığı köy ve kasabalarda taşkınlar görülmüştür. Özellikle hayvanların telef olduğu ve mal kayıplarının yaşandığı, akarsu yatağı çevresindeki bina ve yapıların hasar aldığı, maddi kayıpların bölge insanını olumsuz etkilediği anlaşılmaktadır. Kayıtlara göre Kars'ta taşkın nedeniyle meydana gelmiş en son can kaybı 2014 senesinde Merkez'e bağlı Alçılı Köyü'nden geçen bir kolun taşması sonucu oluşmuştur [13].

2017 senesinde akarsu yatağının yabancı maddelerden temizlenmesi sonucu pürüzlülüğün azalması ile ıslahlı kanalların proje kapasitesiyle çalışmaya başlaması, DSİ tarafından

merkezdeki bazı kanallarda gerçekleştirilen ıslah çalışmaları taşkın riskini biraz azaltmıştır. Buna rağmen hala bahar aylarında taşkınlar görülmektedir (Resim 3.5).

Karlar eriyor, Kars Çayı taşıyor!

Ana Sayfa » KARS HABER

11.04.2019 10:51

- A | A +

Kars'ta etkili olan lodos ve yağmur, Kars Çayının taşmasına neden oldu.

Havaların ısınmasıyla birlikte etkili olan lodos ve yağın yağmur, karların erimesiyle birlikte Kars Çayını taşırdı. Kars'ta geçtiğimiz yıllara oranla daha fazla kar bulunduğunu ifade eden vatandaşlar, "Kars'a aşırı derece kar yağdı. Kar yağışı sonrasında havaların ısınmasıyla birlikte yağmurlarda yağdı. Yağmurun ardından Kars Çayı taşı" dedi.

Öte yandan buzları tamamen çözülen Kars Çayı taşarak yoğun bir şekilde akmaya başladı. Kars Çayının taşmasıyla birlikte yetkililer de dere kenarında evleri bulunan vatandaşları sel ve taşkınlarla karşı duyarlı olmaları konusunda uyardı.

Resim 3.5. 2019 senesindeki bir taşkın haberi [14]

4. YÖNTEM

Bu çalışmada Aras Havzası içerisinde bulunan Kars Çayı'nın seçilen çıkış noktalarını müteakip hidrolojik çalışmaları için gerekli olan meteorolojik, hidrolojik, hidrolik ve topoğrafik harita, bilgi ve veriler; projenin kurumsal danışmanlığını üstlenen DSİ Kars 24. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışma alanı ve sorunlar belirlendikten sonra bir CBS programı (ArcGIS 10.3) yardımıyla havzalara ait parametreler belirlenmiştir.

CBS, verilerin toplanabildiği, saklanabildiği, analiz edilebildiği, bir bilgi sistemidir. Bütün bu işlevleri bütünleşik olarak bünyesinde barındırır. Referans olarak Coğrafya biliminden faydalanan CBS, birçok veri tipinin (formatının) birleşmesinden oluşur. CBS, hayatımızın her alanına giren mekansal konumların (spatial location) analizi ile birlikte bilgi katmanları (layer) düzenleyerek haritalarda ve 3D sahnelerde görüntü elde edilmesini (view) sağlar. CBS, kullanıcıların işlevsel ve çok fonksiyonlu çalışmalarında veriler arası modellemeler yaparak ve ilişki kurarak kullanıcıya daha derin bir bakış açısı sunar [15].

Günümüzde CBS'nin kullanıldığı sektörler şu şekildedir:

- Eğitim
- Sağlık
- Sigorta
- Üretim
- Petrol
- Toplum Güvenliği
- Emlak
- Perakende
- Sürdürülebilirlik
- Telekom
- Ulaşım
- Elektrik ve Gaz Altyapısı
- Doğal Kaynaklar
- Devlet
- Su Yönetimi

Bu çalışmada verilen toplanıp, düzenlendiği ve modellendiği ArcGIS elemanı ArcMap'tir. Havza parametrelerinin belirlendiği aşamada Spatial Analyst Tools (Mekansal Analiz

Aracı) kullanılmıştır. Raster verilerin düzenlenmesi için Data Management Tools (Veri Yönetim ve Düzenlem Aracı) kullanılmıştır. Oluşturulan 3D yüzey ve üzerindeki işlem ve düzenlemeler için 3D Analyst Tools (3 Boyutlu Analiz Aracı) kullanılmıştır. 3D modellerin ve çalışmaların görüntülenmesi için ArcScene modülü kullanılmıştır.

CBS’de konumsal olarak çalışıldığı için çalışma kitaplığındaki elemanların aynı harita projeksiyonunda düzenlenmesi gerekmektedir. Harita projeksiyonu, 3 boyutlu yeryüzü modelini (küre yahut elipsoid) matematiksel dönüşümler ile iki boyutlu düzlemde (harita düzlemi) temsil edilmesi işlemidir. Harita projeksiyonları yeryüzünün şeklinin farklı matematiksel ifadeler ve farklı modelleme yöntemleri kullanılarak oluşturulduğundan yeryüzü şeklinde belirli deformasyonlara ve yanılmalara neden olur [16].

Üzerine eşit aralıklı enlem ve boylamların çizilmiş olduğu yerkürenin saydam yapıda olduğu farz edilerek temiz bir kâğıt ekvator çizgisi boyunca teğet olacak bir silindir şeklinde sarıldığı düşünölsün. Bununla birlikte Dünya’nın merkezinde de bir ışık kaynağının yandığı varsayölsün. Bu ışık kaynağı yerküre üzerindeki yüzey şekillerinin gölgesini kâğıdın üzerine düşürür. Kâğıt tekrar açılarak düzlem haline getirilir. Kâğıt üzerinde meridyen ve paralellerin şeklinin farklı olduğu ve ekvatorndan sarılı haldeyken üzerine yansıttığı şekillerin ölçümlerinde önemli ölçüde bozulmalar olduğu görölecektir. Bu bozulmalar alan, uzunluk ve şekil bozulmalarıdır. Diğer bir deyişle yeryüzü üzerindeki objeler bir düzleme aktarıldıklarında ihtiva ettikleri geometrik özellikleri deforme olur. Harita projeksiyonları bu hataları düzeltmek için oluşturulmuşlardır ve coğrafi işlemlerde doğru modellerin kurulması açısından büyük bir önem arz etmektedirler [16].

Harita projeksiyonlarında yerküre ya direkt düzleme açılır yahut düzleme aktarılabilen belirli yüzeylere (silindirik ve konik) izdüşürölür. Bu bağlamda bu yüzeyler; düzlem, silindir ve koni projeksiyon yüzeyleri olarak isimlendirilirler. Harita projeksiyonları üçe ayrılır:

- Azimutal projeksiyonlar (projeksiyon yüzeyi düzlem)
- Silindirik Projeksiyonlar (projeksiyon yüzeyi silindir)
- Konik projeksiyonlar (projeksiyon yüzeyi koni)

Projeksiyon yüzeylerinin yerkürenin dönme eksenini açısından da konumsal olarak üç durumda incelenir:

Normal konum: Düzlemin güney ya da kuzey kutbunda teğet, silindir ya da koninin simetri ekseninin yerin dönme eksenini ile çakışık konumudur.

Transversal konum: Düzlemin yerküreye ekvatorunda herhangi bir noktada teğet, silindir ya da koninin simetri ekseninin yerin dönme eksenine dik konumudur.

Eğik konum: Düzlemin yerküreye herhangi bir noktada teğet, silindir ya da koninin simetri ekseninin yerin dönme eksenini ile belirli bir açı altında kesişir konumudur.

Projeksiyon yüzeyleri (düzlem, silindir ve koni) yerküreye herhangi bir noktada teğet oldukları gibi yerküre ile kesişir halde de olabilirler. Böylece teğet ve kesen projeksiyonlardan söz edilir. Bazı projeksiyonlarda gerçek anlamda tanımlı bir projeksiyon yüzeyi bulunmaz, sadece coğrafi koordinatlar ile düzlem koordinatları arasındaki ilişkiler tanımlıdır. Bu tür projeksiyonlara ise gerçek anlamda olmayan (pseudo) projeksiyonlar denir. Bu bakımdan harita projeksiyonları da gerçek anlamda olan ve gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Teorik olarak sonsuz harita projeksiyonu tanımlamak mümkündür. Literatürde yaklaşık olarak sayısı 400'ü bulan yayınlanmış projeksiyon vardır. Bu projeksiyonların içerisinde de en az bir harita yapmak için kullanılmış olanları oldukça azdır. Pek azı standart harita üretiminde kullanılırlar [16]. Projeksiyon seçimi, haritanın ölçeğine ve kullanım amacına, haritası yapılacak bölgenin coğrafi konumuna, haritası yapılacak bölgenin ihtiva ettiği büyüklüğe ve şekline bağlı olarak gerçekleştirilir [16]. Bu bilgiler doğrultusunda bu çalışmada WGS1984/UTM/Zone/38N proje koordinatı kullanılmıştır. Projeksiyon bilgileri ise şöyledir:

- Projeksiyon: Transverse Mercator
- Doğu: 500000.00000000
- Kuzey: 0.00000000
- Merkez Meridyen: 45.00000000
- Ölçeklendirme Faktörü: 0.99960000
- Başlangıç Enlemi: 0.00000000
- Lineer Birim: Metre

Google Earth Pro uygulaması ise kullanıcıların WGS (World Geodetic System) yahut UTM (Universal Transverse Mercator) koordinasyonlarında Dünya üzerinde herhangi bir nokta, izlek, bölge üzerinde ölçüm, çizim, görüntüleme, veri alma-aktarma işlemlerini yapabilecekleri, belirli periyotlarla güncellenebilen bir uydudan görüntüleme programıdır. Çalışma süresince havza parametrelerinin belirlenmesi ve görüntülenmesi için ve Street View özelliği ile havza ve bölge hakkındaki detayların muhakeme edilmesi için Google Earth Pro yazılımından yararlanılmıştır.

Elde edilen meteorolojik bilgiler ışığında ve CBS programından elde edilen havza parametreleri ile drenaj alanlarının hidrolojisi çalışılmıştır. İstenen tekerrür yıllarındaki taşkın debisi hesabı için istatistiksel ögelere ve terminolojiye başvuru olan hidrolojik çalışmalarda havza parametrelerine en uygun görülen tekerrürlü debi hesapları seçilmiştir. Güzergâh ve en kesitler gibi hidrolik parametreler için AutoCAD Civil 3D üzerinde 3 boyutlu bir yağış alanı yüzeyi oluşturulmuştur. Bunun için üçgenlenmiş düzensiz ağlar denilen TIN (Triangulated Irregular Network) yöntemine başvurulmuştur. Çalışma sonunda taşkın analizleri için HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) kullanılmıştır. HEC-RAS ortamında geometri özellikleri çalışıldıktan sonra 1D analiz steady (kararlı akım) olarak çalışılmıştır. DSI'den alınan dijital harita tek boyutlu analiz için yeterli görülmediğinden 2 boyutlu analizle de çalışma genişletilmiştir. Böylece farklı iki yöntem üzerinde kararlı (steady) ve kararsız (unsteady) olmak üzere çalıştırılan modellerin karşılaştırılma fırsatı elde edilmiştir. Tek boyutlu analiz süresince Kars Çayı ve kendine bağlı yan kollar üzerindeki köprü ve hidrolik yapıların programa tanıtılması için yine DSI'den elde edilen röleveller kullanılmıştır. Yine analiz sonrasında hangi bölgede hangi nicelik ve nispette yapının zarar gördüğünün tespiti için DSI aracılığıyla elde edilen imar haritası kullanılmıştır. Böylece gerçeğe en yakın model oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışma süresince ortaya çıkan akış diyagramı Şekil 4.1'deki gibidir.

5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

CBS tabanlı taşkın haritalama çalışmaları dünyada olduğu gibi Türkiye’de de üzerinde durulan konulardan biri olmuştur. Dünya üzerindeki araştırmacılar değişen ve gelişen CBS teknolojilerinin sunduğu imkanları kullanarak haritalamaya yönelik çalışma alanlarında (özellikle jeoloji, hidroloji ve bunların alt ve müşterek disiplinleri) fark ortaya koymaya çalışmışlardır. Bilhassa hidrolik modelleme programlarının CBS tabanında güncelleştirilmesi ve bütünleşik çalışma imkânlarının ortaya konulması zaman tasarrufu ve detaylı bir çalışma müktesebatını meydana getirmiştir. Bu çalışmada da önceki çalışmalar incelenmiş ve çalışma süresince bu çalışmalarda ortaya koyulan yöntemlerden uygun görülenleri örnek alınmıştır.

Forte, Pennetta, Strobl [17], Güney İtalya Salento Yarımadası’nda meydana gelmiş ve kayıt altına alınmış taşkınlardan elde edilmiş verileri bir CBS ortamında çalışarak risk haritalarını çıkarmışlardır. Farklı risk derecelerine sahip alanların dağılımını tespit etmek için bir CBS metodolojisi kullanılarak tarihi taşkın kayıtlarına ve jeo-çevresel faktörlerin bir analizine dayalı metodik bir araştırma yapılmıştır. 1968 - 2004 yılları arasında meydana gelen olaylara atıfta bulunan veriler, IPHAS (Salento Alluvial PHenomena Envanteri) olarak adlandırılan bir veri tabanında toplanmıştır. “Serre” olarak adlandırılan ve risk derecesinin yüksek olduğu küçük sırtların arasında yer aldığı bir risk haritası geliştirilmiştir. Salento Yarımadası’nın % 50’sinden fazlasının yüksek veya çok yüksek risk değerlerinin gösterdiği saptanmış ve sonuçları kayıt etmişlerdir.

Chormański, Berezowski, Okruszko, Ignar [18], kuzeydoğu Polonya’da bulunan Aşağı Biebrza Nehri Havzasında hidro-ekolojik taşkın parametrelerini hesaplamak için 1 boyutlu hidrodinamik bir kararsız akım modeli ortaya koymuşlardır. Bu bir modeli oluşturmak için CBS tabanlı sayısal haritalara başvurmuşlardır. Modeli, taşkın büyüklüğü ölçümlerini kullanarak kalibre etmişlerdir ve hesaplanan taşkın yayılımı uydu görüntülerini karşılaştırarak doğrulamışlardır.

Manandhar [19], Nepal’de bulunan Lothar Khola bölgesi için ortaya koyduğu çalışmada taşkınların önemine, taşkın yayılım ve risk haritalarının önemine; bölgenin mevcut ekonomik durumunu da gözетerek dile getirmiştir. Çalışmada olası taşkın riski, güvenlik

açığı ve tehlike analizinin teknik yaklaşımı açıklanmaktadır. Analiz için bir CBS arayüzü olan ArcView kullanılmış. HEC-GeoRAS arayüzü üzerinden topoğrafik parametreler HEC-RAS'a aktarılmış. HEC-RAS üzerinde 1 boyutlu bir çalışma yürütmüşlerdir.

Wang, Li, Tang, Zeng [20], yarı kantitatif bir model ile birlikte FAHP ağırlıklandırma yaklaşımı kullanılarak, taşkınların sıkça yaşandığı bir bölge olan Hunan Eyaleti, Dongting Gölü bölgesi için taşkın risk haritaları oluşturmuşlardır. Çalışma kapsamında CBS üzerinde mekânsal çok kriterli analiz (SMCA) tekniklerini kullanarak tasarlamışlardır. Sonuçları elde edilen haritaları baz alarak yorumlamışlardır.

Sarhadi, Soltani, Modarres [21], İran'ın güneyindeki Halilrud havzasını ve Jiroft şehrini tehlikeli bölgelere örnek çalışma alanı olarak seçmişlerdir. Farklı tekerrür periyotlarındaki taşkın miktarlarını tahmin etmek için bölgesel taşkın frekans analizi kullanılmış. L momentleri yaklaşımı ve ilgili kriterler kullanılarak homojen bir bölge oluşturulmuş. Hidrojeomorfik özellikler, havzaların arazi kullanım özellikleri gibi detaylar saptanmış, daha sonra hidrojeomorfik özellikler ve taşkın miktarları arasında çok değişkenli bölgesel regresyon modelleri oluşturmak için RS ve GIS (CBS) teknikleri kullanılmış. Taşkın tehlike haritalarını tanımlamak ve hidrolik modellemenin doğruluğunu arttırmak için, yüksek çözünürlüklü bir DTM çıkarılmış ve 1 boyutlu hidrolik model üzerinde HEC-RAS'ın gerektirdiği kanalın detaylı parametrelerini saptamak için Cartosat-1'in uydu stereoskop görüntülerinden yararlanılmış. CBS tabanlı HEC-GeoRAS arayüzü, sele eğilimli alanların gerçeğe uygun görselleştirilmesi ve geometri özelliklerinin dikkatli bir şekilde optimizasyonu için kullanılmıştır. Taşkın tahminlerinde hidrolik model performansını değerlendirmek için bazı tarihi taşkın olaylarının bilgisi de kullanılmış ve risk haritaları tartışılmıştır.

Türkiye'de, HEC-RAS yazılımı ilk kez Yazıcılar ve Önder [22] tarafından, Bartın Nehri'nde taşkın anında oluşabilecek su yüzü seviyelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Bulunan su yüzü kotlarına göre tespit edilen taşkın alanı, 1998'de Bartın Merkez'de yaşanan taşkın anında oluşan ve haritalanan gerçek alanlarına oldukça yakın sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Büyükcangaz ve Demirtaş [23], çalışmalarında Bursa Mustafakemalpaşa Sulama Projesi alanına ilişkin topoğrafik verilerin depolanması ve gösteriminde CBS ile farklı yüzey modelleri oluşturmuş ve çalışma alanının topoğrafik koşullarının belirlenmesinde bu modellerden yararlanma olanakları üzerinde durmuştur. Çalışma sonucunda; sulamayla araziye verilen suyun yüzey akışa geçmemesi ve drenaj kanallarına ulaşmadan belirli noktalarda göllenmesi; sulama alanında sorunlu bölgelerin oluşmasına neden olabileceğini belirlemişlerdir.

Uçar [3], Doğu Karadeniz Havzası içerisinde bulunan Değirmendere Alt Havzası hakkında yaptığı çalışmada CBS tabanlı bir model kurup yağış ve akış parametrelerini değerlendirerek elde ettiği hidrolojik verileri HEC-GeoRAS arayüzü ile gerekli hidrolik parametreleri aktardığı HEC-RAS ortamında 1 boyutlu olarak kullanmış. Çalışma çıktılarını ArcGIS arayüzüne aktararak taşkın dağılımını gözlemlemiş ve derecelendirilmiş risk haritalarını farklı tekerrürlü muhtemel taşkınlara uygun şekilde raporlamıştır.

Karaca, Birdal, Türk [24], Kelkit Çayı'nın, Sivas'ın Suşehri ve Koyulhisar ilçeleri sınırları içerisinde yer alan bölümünü kapsayan çalışmaları için kullandıkları modelleme işlemlerinde Hec-GeoRAS (ArcGIS 10.2) ve Hec-RAS 5.0 (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System), hidrolik yazılımlarını kullanmışlardır. Çalışma alanına ait geometrik veriler, HEC-GeoRAS'ta üretilmiş ve diğer verileri de bu kısımda tamamlamışlardır. Veriler daha sonra HEC-RAS yazılımına aktarılmış. Geometrik verilerin girişi tamamlandıktan sonra, modellemenin yapılacağı alandaki akarsuya ait akım verileri girilmiş. Bu verilere göre hidrolik modelleme yapılarak taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır.

Oğuz, Oğuz, Coşkun [25], Artvin ili için ortaya koydukları çalışmada CBS teknikleri ile taşkın risk alanları belirlenmiş. Modelleme aşamasında, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi uygulanmış ve başta yağış, jeoloji, eğim, bakı, toprak ve arazi kullanım haritaları olmak üzere sayısal diğer haritalardan yararlanılmış. Tüm bu haritalara ağırlık dereceleri işlenerek çakıştırılmış ve sonuçta bölgede taşkın etkileyeceği (riskli) alanlar elde edilmiş. Ayrıca, çalışma alanı akarsu ağı çatallanma oranlarını ve drenaj yoğunluğunu da hesaplamışlardır.

Taş, İçağa, Zorluer [26], çalışma alanı olarak Akarçay Afyon Alt Havzası'nın seçildiği çalışmalarında; akarsu yatağının su iletim kapasitesinin çeşitli sebeplerle azalması veya kapasiteden daha fazla suyun olması halinde akımın yatak dışına taşarak can ve mal kaybına neden olduğu taşkınların tedbir alınması gereken önemli bir afet olduğu vurgulanmış. CBS tabanlı bir model kurularak taşkın haritaları HEC-RAS üzerinden elde edilmiş. Daha sonra ortalama su derinliği ile literatürde mevcut çeşitli derinlik-zarar eğrileri yardımıyla taşkın zarar tahmini yapmışlardır.

Özcan [27], yaptığı çalışmada Ayamama Deresi örneğini seçmiş. Başvurulan modellerin ve diğer hidrolojik etkenlerin altı çizildikten sonra Sayısal Yükseklik Haritası (SYH) üzerinden taşkın risk bölgelerini derecelendirerek göstermiştir.

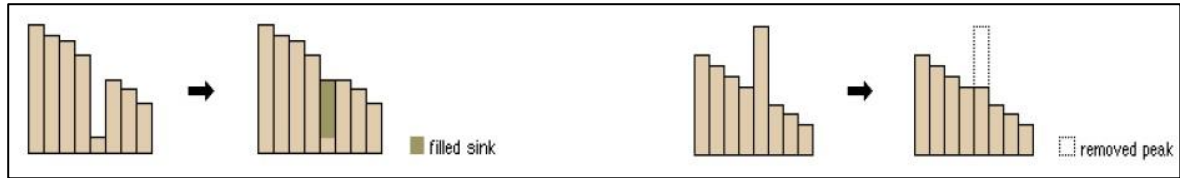
Ekemen Keskin, Çetiner, Başdağ, Genç, Kılıç [28], ortaya koydukları “Akım Gözlem İstasyonları Bulunmayan Nehirlerin DSİ Sentetik Yöntemi Kullanılarak Taşkın Debilerinin Tahmini: Eskipazar Çayı Örneği (Karabük, Türkiye)” isimli çalışmalarında yağış verilerini kullanarak üzerinde akım gözlem istasyonu bulunmayan Eskipazar Çayı'nın gelmesi muhtemel taşkın debisini ve taşkın alanlarının saptanmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla Netcad programı ve özellikle programın Nethydro modülü yardımıyla 30x30 m çözünürlüklü Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ve Birleşik Devletler Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) tarafından ortaklaşa geliştirilen ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Küresel Sayısal Yükseklik Modeli) verilerini kullanarak gerekli düzeltme işlemleri yapılmış ve ana havza ve alt havzalar TauDEM algoritmasını kullanarak coğrafi bilgi sistemi ortamında modellemiş olduklarını ifade ettikleri bildirinin nihayetinde 100 yıl tekerrürlü taşkın debisini yaptıkları hidrolojik çalışmaya müteakip süperpozeli DSİ Sentetik Yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Bulunan taşkın debisi HEC-RAS ortamında gerekli geometrik işlemlerin ve düzeltmelerin tamamlanmasının ardından yazılıma tanıtılmış ve hidrolik bir modelleme oluşturulmuştur. Taşkın kontrol bilgilerine dair faydalı bilgiler elde edildiğini bildiride ifade etmişlerdir.

6. ARCGIS/ARCMAP/HYDROLOGY İLE HAVZA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

ArcMap arayüzü üzerinde Spatial Analyst Tools modülünden faydalanılarak DSI'den ve USGS'den temin edilmiş Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) altlığında çalışılarak hidroloji çalışması için gerekli olan havza parametreleri elde edilmiştir [29].

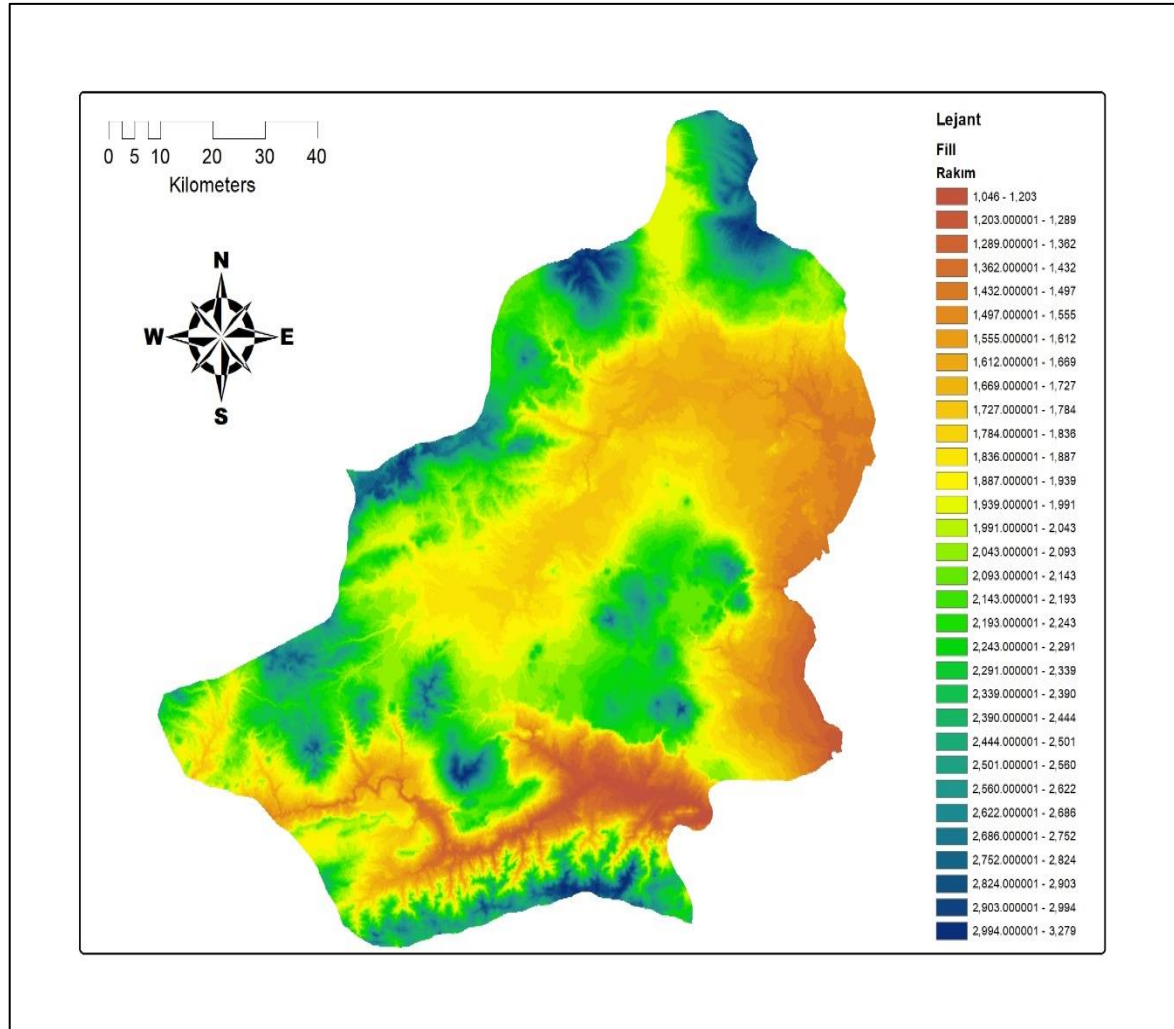
6.1. Yağış Yüzeyi Taraması (fill)

SYM haritaları x, y ve z koordinat değerlerinin belirtildiği raster setinden oluşur. Spatial Analyst Tools/Hydrology/Fill komutuyla yağış yüzeyi üzerinde aynı akım yönleri doğrultusunda akışa engel olabilecek veri setleri en yakındaki veri değeri seviyesine çekilerek düzeltilir. Böylece yağışın yüzeyden akışa geçmesi işlemi iyileştirilmiş olarak daha sağlıklı gerçekleşmesi sağlanmış olur. Modülün işlemi nasıl gerçekleştirdiği Şekil 6.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.1. SYM veri setindeki bozuk verilerin düzeltilmesi işlemi [30]

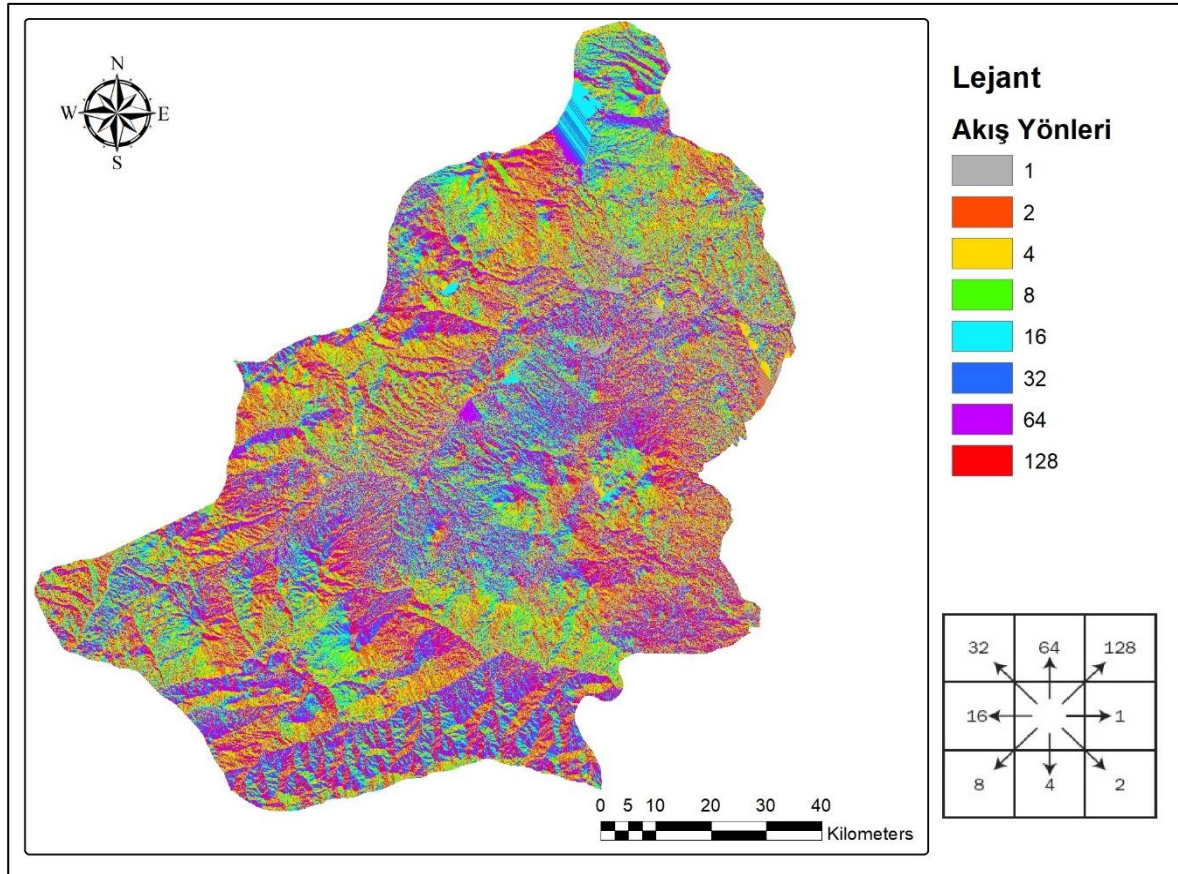
İşlem Kars ili sınırlarını içeren ve USGS'den temin edilmiş olan bir SYM haritası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Böylece Kars Kalesi mevkiinden seçilen çıkış noktasına uygun ana havzanın sınırlarının belirlenmesi için daha uygun bir ortam oluşturulmuş olur. Düzeltilmiş SYM haritası Şekil 6.2'deki gibidir.



Şekil 6.2. Kars ili topoğrafyasının düzeltilmiş SYM haritası

6.2. Akım Yönlerinin Tespiti (flow direction)

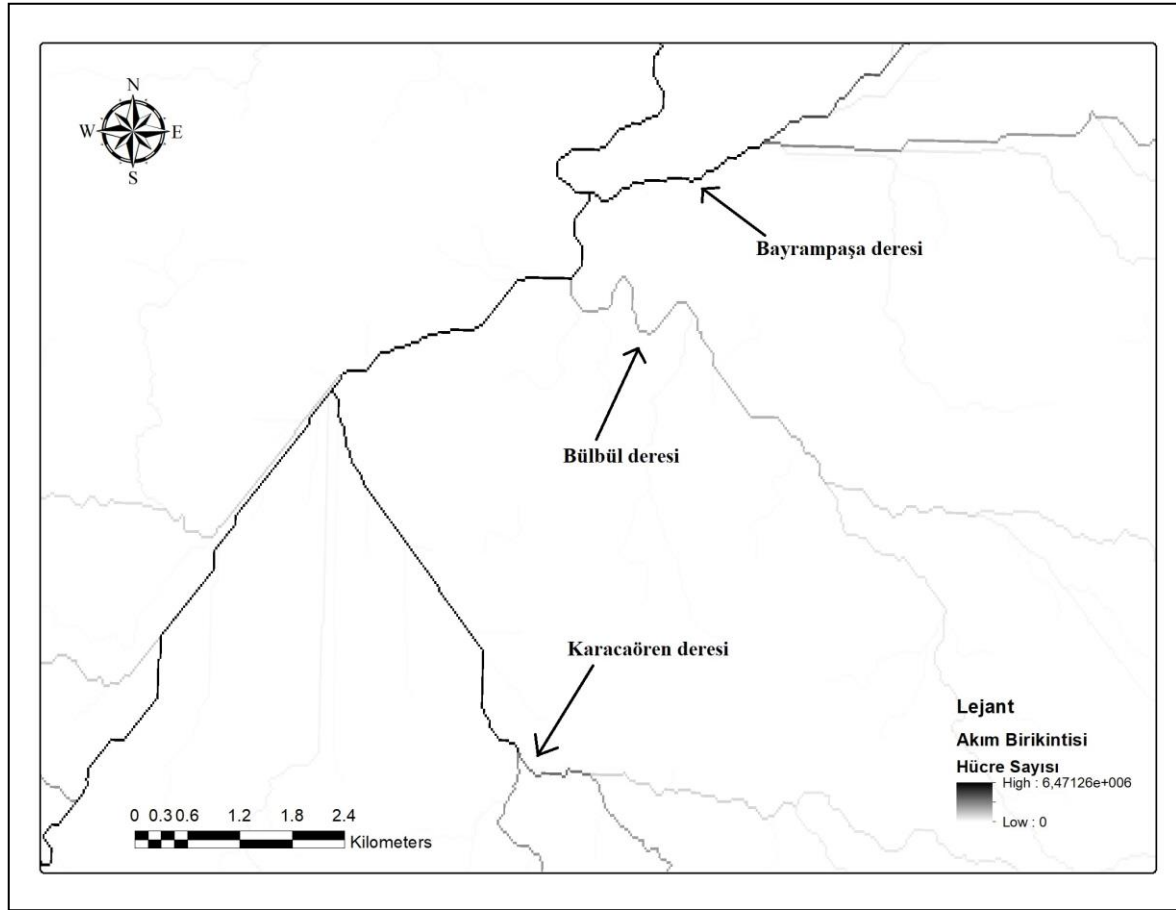
Düzeltilen SYM haritası kapsamındaki veriler Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Direction komutuyla değerlendirilerek her nokta için belirli yönlerde akış algoritmaları oluşturulur. Modül topoğrafya kotlarını içeren veri setlerini barındıran SYM haritası üzerinde birim alandaki eğimleri hesaplayarak akışın hangi yönlerde gerçekleşeceğini belirtir. Akış her bir hücrede yükseklik değeri kendisinkinden düşük olan en yakın ve sadece bir hücreye doğru gerçekleştirilir. Modül her hücre için akışın gidebileceği 8 farklı yön belirler. Bunlar 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 sayıları ile numaralandırılmış yukarı, aşağı, sola, sağa, yukarı sola, yukarı sağa, aşağı sola ve aşağı sağa yönleridir. Kars ili topoğrafyasına uygun belirlenen akış yönleri ve dereceleri Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3. Numaralandırılmış akım yönlerine göre derecelendirilmiş yön haritası

6.3. Akım Birikim Niceliğinin ve Birikme Güzergâhının Tespiti (flow accumulation)

Yazılım, Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Accumulation komutuyla önceden oluşturulmuş akış yönleri ve raster veri içeriğindeki değerler doğrultusunda akımın birikeceği en derin noktaları belirler. Bu noktaları birleştirerek akım güzergâhlarını oluşturur. Bu güzergâhlar derecelendirilerek akım yoğunlukları görülür. Bu özellik kullanıcılara havza çıkış noktalarının seçimi açısından geniş bir perspektif sağlar ki ana dereyi besleyen her bir yan kolun taşıdığı yükü getiren alt havzaların sınırları bu çıkış noktalarının seçimi üzerinden gerçekleştirilir. Kümülatif akım yoğunluğunun gerçeğe uygun bir akım ağının oluşturulması açısından modellenen ana dere ve yan kolların yerleşimi bilinmeli ve akım yoğunluğu buna göre derecelendirilmelidir. Aksi halde program çok düşük yoğunluktaki olası akımları da derecelendirir, bu da işlem yükünü arttıracak gibi kurulacak modelin gerçekten uzaklaşmasına yol açar. Kars ili sınırları içerisindeki çalışma alanında akımın nasıl biriktiği Şekil 6.4'te gösterildiği gibidir.

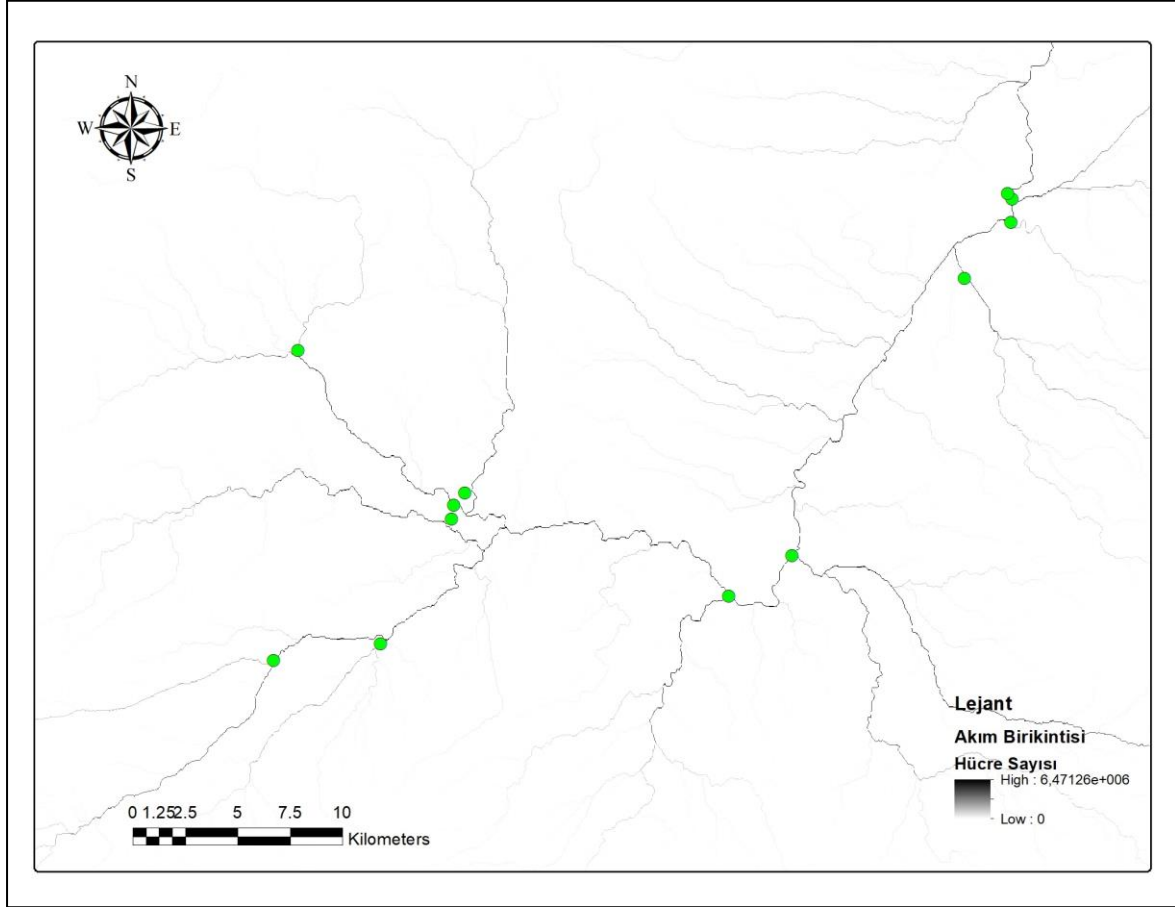


Şekil 6.4. Akım birikim güzergâhları ve yoğunlukları

Şekil 6.4'te görüldüğü üzere çalışma alanındaki Bayrampaşa deresi, Bülbül deresi ve Karacaören deresi akım yoğunluklarıyla birlikte program tarafından çizdirilmiştir. Bu SYM'nin doğru topoğrafya veri setlerini barındırdığını gösterir.

6.4. Havza Çıkış Noktalarının Tayini (snap pour point)

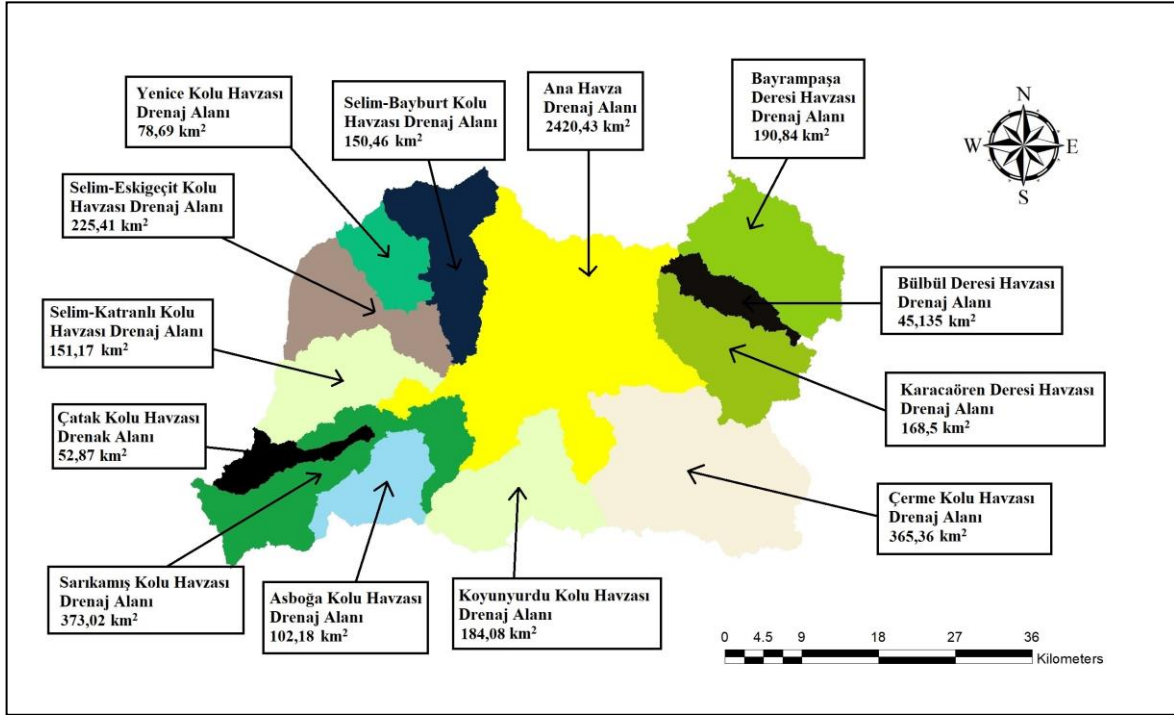
Alt havzaların belirlenebilmesi için Google Earth Pro uydudan görüntüleme yazılımı kullanılarak havza gözlemlenmiştir. Ana su koluna boşalan noktalar belirlenerek .kml formatında kaydedilmiştir. ArcMap arayüzü üzerinde Kml to Layer komutuyla boşaltım noktaları ArcGIS'e aktarılmış ve harita projeksiyonları tanımlanmıştır. Noktalar Spatial Analyst Tools/Hydrology/Snap Pour Point komutuyla derecelendirilmiş akım birikintisi haritası üzerine tanımlanmış ve Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Havza çıkış noktalarının seçilip akım yoğunluğu haritası üzerinde gösterilmesi

6.5 Havzaların Belirlenmesi (watershed)

Akım güzergâhları ve çıkış noktaları belirlendikten sonra akım birikintisi haritası üzerinden havza çıkış noktaları referans gösterilerek Spatial Analyst Tools/Hydrology/Watershed komutuyla bütün ana havza ve onu besleyen alt havza sınırları çizdirilmiştir. Böylece havza ve alt havzaların büyüklükleri ve drenaj alanları belirlenmiş olur. Havza drenaj alanlarının büyüklükleri Şekil 6.6'daki gibidir.

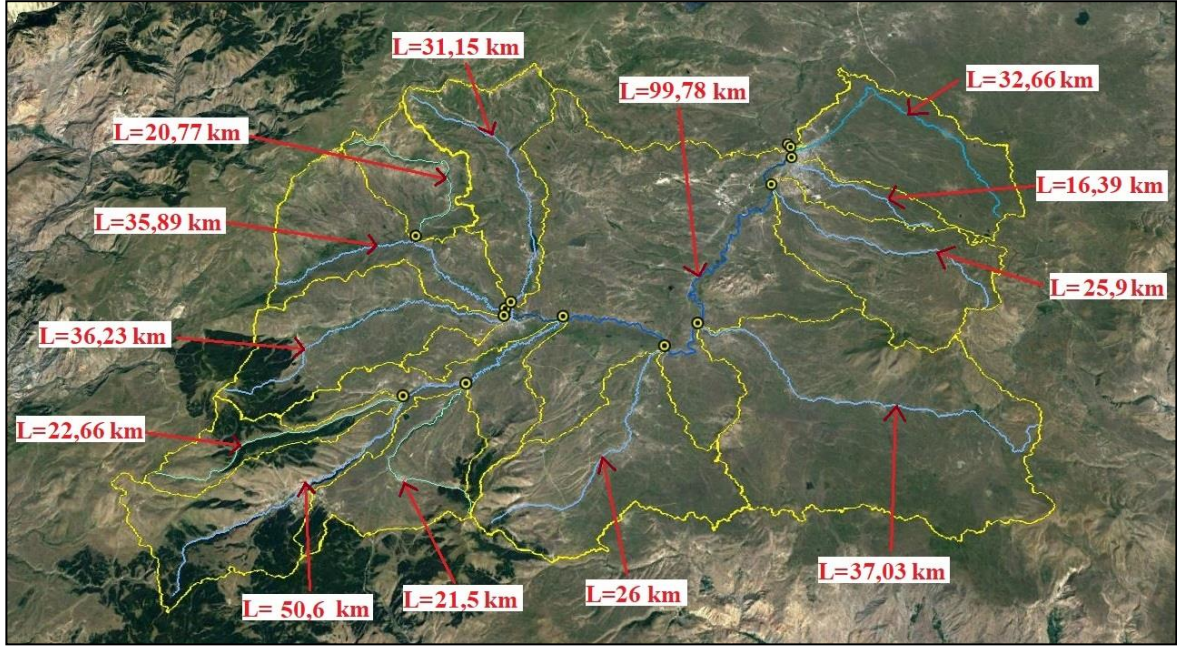


Şekil 6.6. Ana havza ve alt havzaların konum ve drenaj alanları

6.6. En Uzun Su Kollarının Belirlenmesi

ArcMap arayüzü üzerinde belirlenmiş drenaj alanlarının sınır çizgileri Raster to Polyline komutu ile çizdirilmiştir. Projeksiyon işlemleri tamamlanmış ve her biri aynı projeksiyonda tanımlanmıştır. Havzalar Layer to Kml komutu ile dışarıya aktarılmış ve Google Earth Pro uydudan görüntüleme yazılımı kullanılarak da havzalar içe aktarılmış, görüntülenmiştir.

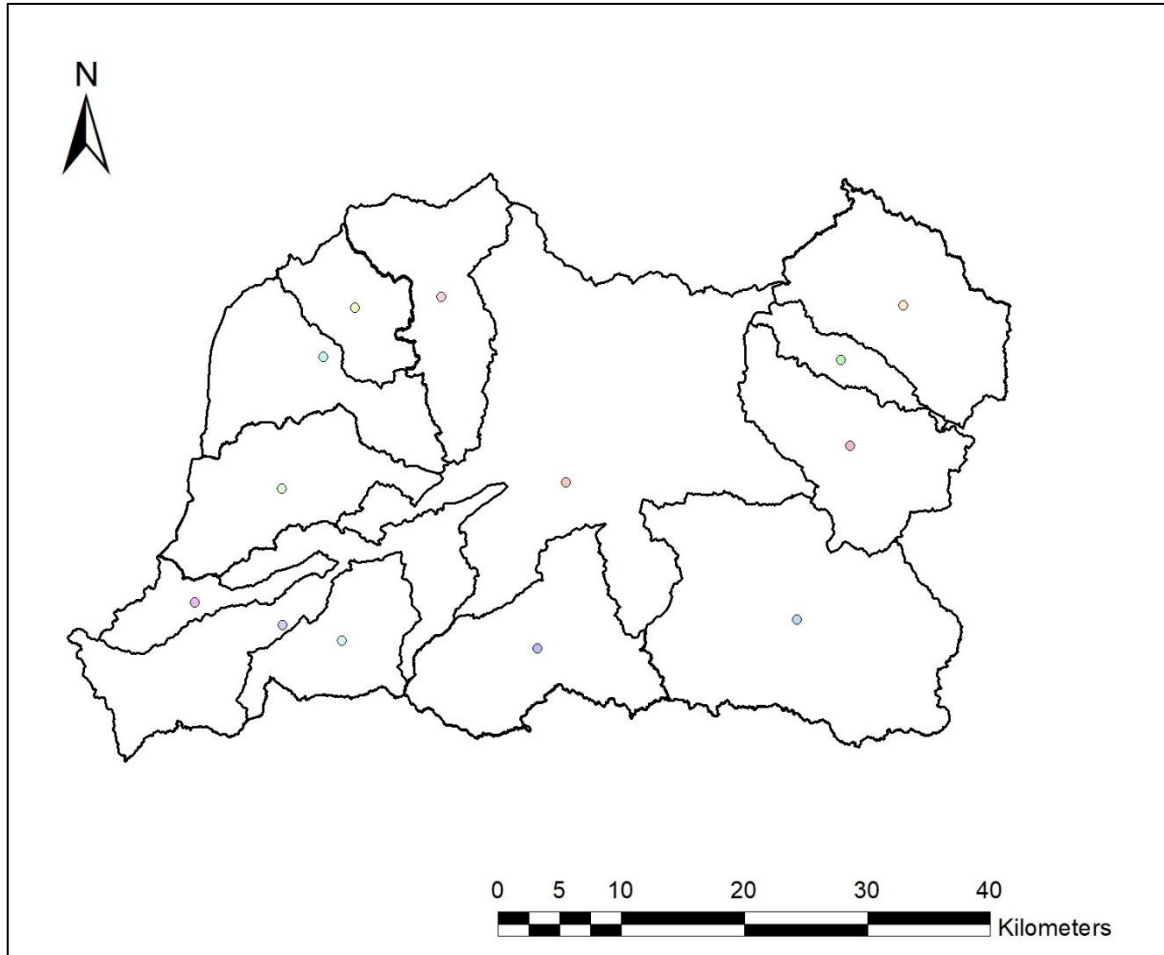
Havzalar üzerinde dağılan su kolları ile ArcGIS üzerinde SYM tabanında üretilmiş akım birikintisi haritası karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelemenin ardından Google Earth Pro yazılımı üzerinde havzalardan geçen makul su kolları alternatifli olarak Add Path komutuyla dikkatlice çizilmiştir. Bu işlem çizilen alternatif su kollarının en uzununu ölçülüp her havza için su kolu olarak hidrolojik hesaplamalarda kullanılmak üzere seçilmesiyle tamamlanmıştır. Su kolları Kml to Layer komutuyla ArcMap arayüzünde içe aktarılıp projeksiyon işlemleri tamamlanmış ve Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Havza sınırlarını ve en uzun su kollarını gösterir harita [4]

6.7. Havza Ağırlık Merkezlerinin Tayini (feature to point)

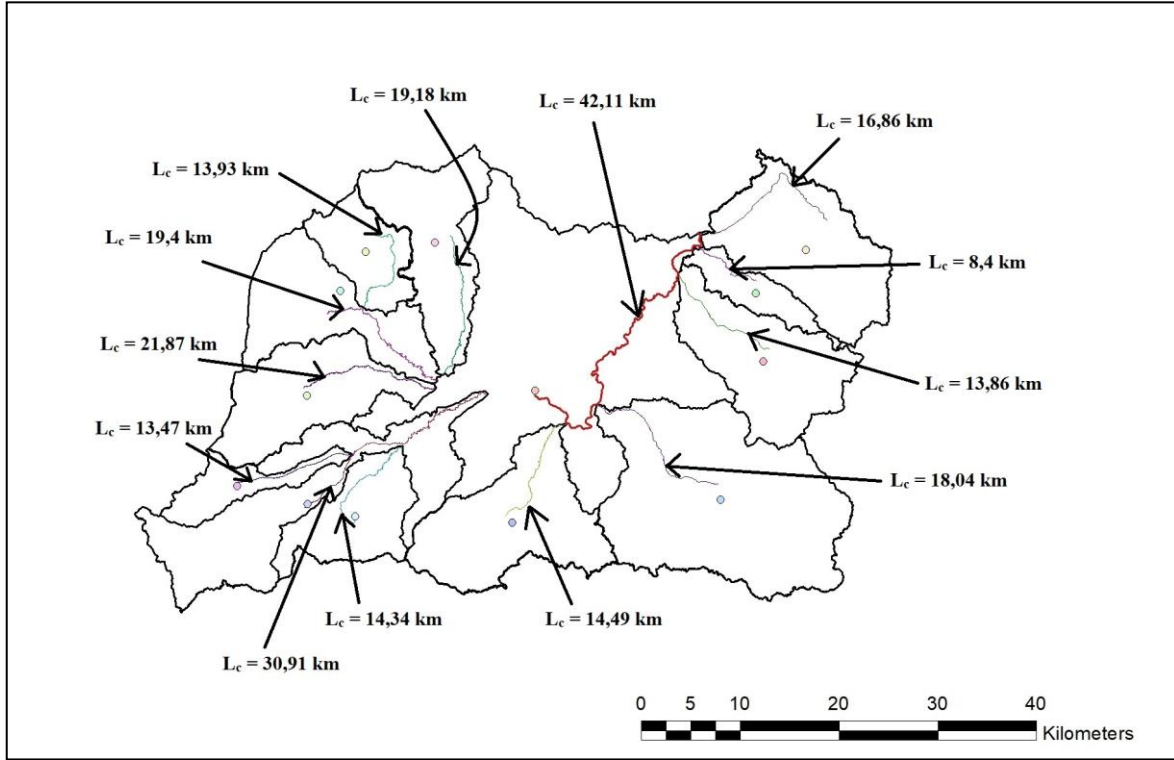
Hidroloji hesaplamalarında kullanılmak üzere belirlenmesi gereken L_c boylarının tayini için havza ağırlık merkezlerinin gösterilmesi gerekmektedir. Bunun için ArcMap üzerinde Feature to Point komutu kullanılarak havza ağırlık merkezleri yazılıma hesaplattırılır ve hesaplanan ağırlık merkezi koordinatları bir Excel çizelgesine aktarılır. Nokta koordinatları projeksiyonlu vaziyette ArcMap çalışma ortamına çağırılarak ağırlık merkezi noktaları haritalandırılır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Havza ağırlık merkezlerini gösterir harita

6.8. L_c Uzunluklarının Tayini

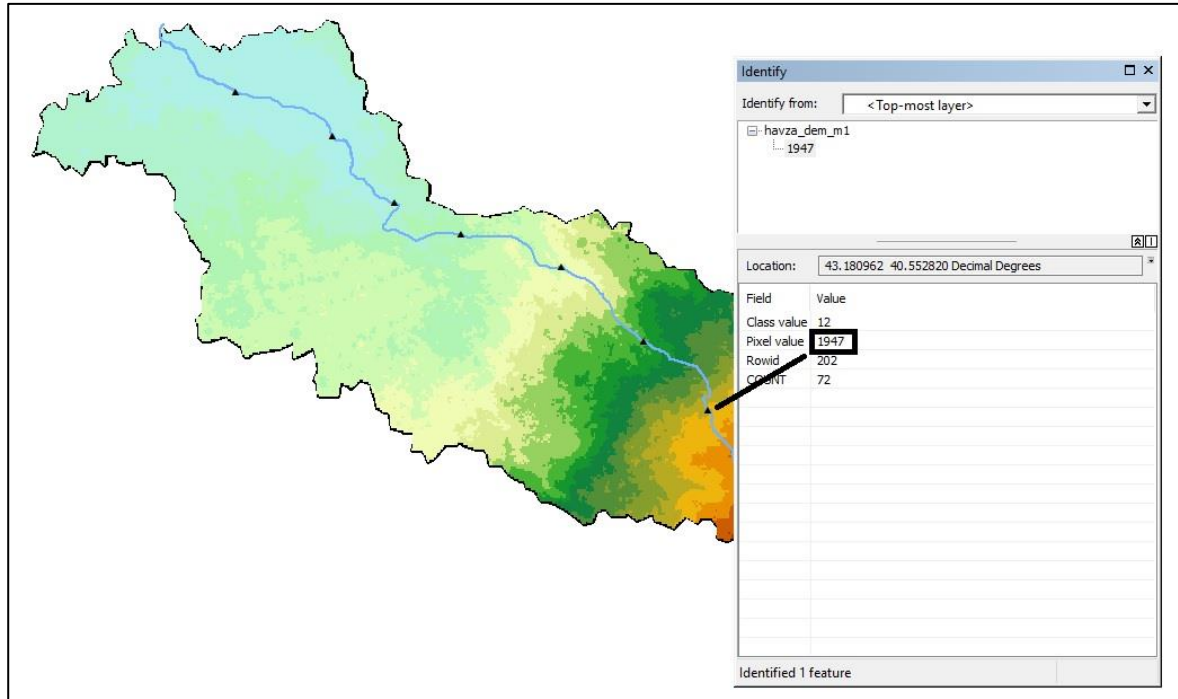
Usul [30]'e göre L_c , havza çıkışından ağırlık merkezine ana kol üzerinde en yakın noktaya ölçülen mesafe olarak tanımlanmıştır. Tanımda belirtildiği üzere L_c boyları ArcMap arayüzü üzerinde gerçekleştirilen Edit çalışmalarıyla belirlenmiş ve Şekil 6.9'da L_c boyları şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Havza ağırlık merkezleri ve L_c uzunluklarını gösterir harita

6.9. Harmonik Kotların Tayini

Hidroloji çalışmalarında yüzey harmonik eğimlerini hesaplamak üzere en uzun su kolları Edit menüsü çalışmaları ve Split komutuyla 10 eşit parçaya ayrılmıştır. Çalışma ortamına çağırılan SYM haritası yardımıyla her noktanın ihtiva ettiği kot okunmuş ve raporlanmıştır. Ana havza ve her bir alt havza için ayrı ayrı aynı işlem uygulanmıştır. Şekil 6.10'da Bülbül deresi havzasına ait SYM haritası üzerinde su getiren en uzun kolun 10 eşit parçaya ayrılması ve ihtiva ettiği kot gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Harmonik kotların tayini

ArcMap üzerinde SYM altlığında uygulanan işlemlerin çıktıları Çizelge 6.1’de toplanmıştır.

Çizelge 6.1. Havza parametreleri

Havzalar	Drenaj Alanları A (km ²)	L Su Boyları (km)	L _c (km)
Bayrampaşa	190,84	32,66	16,86
Bülbül	45,135	16,385	8,395
Karacaören	168,5	25,89	13,86
Çerme	365,36	37,02	18,035
Koyunyurdu	184,08	26	14,485
Sarıkamış	373,02	50,56	30,91
Asboğa	102,18	21,5	14,34
Çatak	52,87	22,65	13,47
Selim-Katranlı	151,17	36,22	21,87
Selim-Eskigeçit	225,41	35,88	19,4
Yenice	78,69	20,76	13,93
Selim-Bayburt	150,46	31,15	19,18
Ana Havza	2420,43	99,77	42,11

Çizelge 6.1 incelendiğinde en çok su getiren havzanın 373,02 km²’lik drenaj alanıyla Sarıkamış havzası olduğu, ardından 365,36 km²’lik drenaj alanıyla Çerme havzasının onu takip ettiği, Sarıkamış havzasının aynı zamanda en uzun toplayıcı kola sahip olduğu gibi detaylar görülmektedir.

7. HİDROLOJİ

Yeryüzü üzerindeki suların akış algoritmaları, dağılma ve yayılım süreçlerinin tatbikinde hidroloji hesaplamaları insan ve toplum yaşamı üzerinde hayati derecede etkili olan böyle bir konu hakkında en önemli tasarım adımlarından biridir. Hidroloji bilimi mühendislik ve mühendis perspektifiyle şöyle izah edilmiştir:

Hidroloji inşaat mühendisliğinde esas olarak su yapılarının projelendirilmesi ve işletilmesinde kullanılır. İnşaat mühendislerinin yanı sıra tarım, orman, jeoloji ve çevre mühendisleri de hidroloji bilimine ihtiyaç duyarlar.

Yeryüzünde var olan su, zamanda, coğrafi konumda ve ayrıca kalite ve miktar olarak da değişmektedir. Benzer şekilde su ihtiyacı aynı parametrelerle farklılıklar göstermektedir. Sonuç olarak hidrolik mühendisinin işi uygun ve yeterli hidrolik yapıyla bu iki değişkeni uyuşturmadır, hem bugün hem de gelecek için.

Su yapılarının projelendirilmesinde takip edilen üç adım vardır: hidrolojik tasarım, hidrolik tasarım ve yapısal tasarım. Bunlar arasında en önemlisi hidrolojik tasarımdır, zira yapıya dair büyüklükler bu adımda bulunur ve bu büyüklüklerin yanlış olması durumunda diğer adımların doğruluğu ve titizlikle uygulanmaları hiçbir anlam taşımaz. Geçmişteki su yapılarının yıkılmaları incelendiğinde bunların %90'ının hidrolojik tasarım adımıdaki hata veya ihmallere dayandığı görülür. Sonuç olarak su kaynakları mühendisliği için temel bilimin hidroloji olduğu söylenebilir. Hidroloji diğer temel mühendislik bilimlerinde mesela matematik veya kimyadan, doğa ile uğraşması, hidrolojik zaman serilerinde daima bir şans kısmı bulunması ve dolayısıyla sonuçların o bilimlerdeki kadar kesin olmaması ile ayrılır [31].

7.1. Yağış ve Yağış İstatistiği

Suyun herhangi bir yüzeyden akışa ne zaman, nasıl ve ne miktarda geçtiğinin bilinmesi için o yüzeye ne zaman, nasıl ve ne miktarda yağışın gerçekleştiğinin bilinmesi gerekir. İlerleyen bölümlerde yağışla ilgili verilerin nasıl değerlendirildiği ve bilgiye dönüştürüldüğü anlatılacaktır.

7.1.1. Meteoroloji gözlem istasyonları (MGİ)

Yağış rasatları havzalar içerisinde bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarınca saptanır ve kayıt altına alınır. Bu çalışma ana havzası içerisinde ve yakınında bulunan gözlem istasyonları ve yılda ölçülen günlük maksimum yağışlar Çizelge 7.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Yağış alanlarını etkileyen MGI'lere ait yılda günlük maksimum yağışlar [32]

Yağış Alanlarını Etkileyen MGI'lere Ait Yılda Günlük Maksimum Yağışlar, mm									
YIL/İst. Adı	Kağızman	Bozkuş	Kars	Kötek	Pazarcık	Sarıkamış	Selim	Susuz	Şenkaya (Ortulu)
1929			38						
1930			28,2						
1931			24,7			23,5			
1932			28,9			30,2			
1933			22,7			26,5			
1934			46,7			19,5			
1935			32,9			38			
1936			24,3			31,2			
1937			43,7						
1938			39,7			23,2			
1939			22,2			35,2			
1940			26,0			40,0			
1941			22,8			41,8			
1942			22,8			16,0			
1943			18,0			16,2			
1944			23,2			29,6			
1945			22,0			29,8			
1946	38,1		18,6			18,3			
1947	16,6		39,7			20,3			
1948	31,0		23,1			30,1			
1949	20,0		71,7			20,7			
1950	23,5		30,5			22,9			
1951	32,1		29,0			34,2			
1952	24,1		24,5			81,9			
1953	18,5		28,4			27,1			
1954			28,1		52,5	29,3			
1955	30,4		24,6		28,5	17,2			
1956			26,3		20,1	20,5			
1957	50,2		26,5		34,6	20,9			
1958	27,0		45,4		38,9	29,2			
1959	40,8		26,7			25,7			
1960	23,1		30,7			24,8			
1961	16,3				43,5	26,6			
1962	22,8		27,8		42,6	32,5			
1963	35,3		55,3		46,2	39,8	21,6		29,8
1964	31,8		26,6			45,1	37,5	28,3	17,5
1965			40,7		48,7	34,2	48,7		32,0

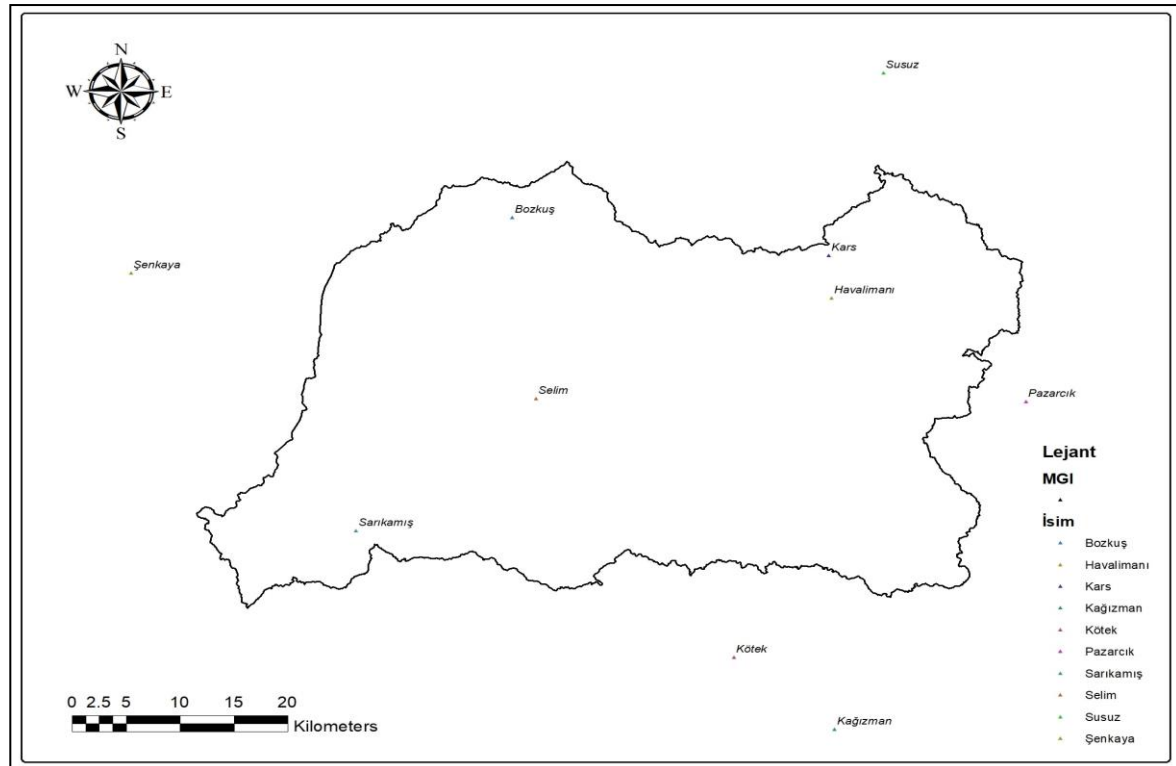
Çizelge 7.1. Devam-Yağış alanlarını etkileyen MGI'lere ait yılda günlük maksimum yağışlar [32]

Yağış Alanlarını Etkileyen MGI'lere Ait Yılda Günlük Maksimum Yağışlar, mm									
YIL/İst. Adı	Kağızman	Bozkuş	Kars	Kötek	Pazarcık	Sarıkamış	Selim	Susuz	Şenkaya (Ortulu)
1966	30,0		23,1		44,3	38,6	20,0	12,2	27,1
1967	20,0		28,9		63,2	28,6	26,0		
1968	25,5		31,5		30	30,8	53,4	33,4	22,2
1969	29,8		31,4	18,8	42,3	22,9	23,5		28,5
1970	26,0		19,5	28,7	50,2	17,1	21,8	17,3	24,5
1971	39,0		26,2	30,4	31,5	29,8	26,5	18,2	26,5
1972	20,0		21,2	23,1	83,5	40,3	19,5	30,2	24,9
1973	14,0		27,0	23,4	41,2	30,6	29,2		16,7
1974	22,0		25,0	24,0		18,7	46,8	21,5	16,2
1975	28,5	24,6	31,7	23,1	22,3	29,5	25,1	28,3	18,4
1976	22,9	51,5	29,4	18,3	24,4	33,1	34,5	26,1	29,0
1977	35,6	40,2	24,3	21,3	58,4	34,2	40,1	29,3	35,5
1978	70,1	18,2	30,9	16,3	55,7	25,6	17,6	24,5	23,1
1979	38,2	37	36,1	17,3	41,4	23,4	31,2	28,2	43,4
1980	14,7	16,3	15,9	32,7	38,2	18,3		30,6	14,1
1981	29,7	29	24,2	17,3	50,3	23,9	18,5	21,2	29,8
1982	21,1	18	35,6	20,8	32,6	19,1	43,2	26,7	
1983	28,0	28,7	25,9	23,2	36,6	23,3	24,2	24,0	
1984	26,3	24	38,0	22,3	40,4	33,0	24,6	41,6	
1985	25,1	18	17,0	29,6	34,4	17,5	45,6	20,7	
1986	23,5	31	25,4	20,8	37,4	79,2	34,7	30,4	
1987	33,0	21	25,4	24,5		31,9	35,7	28,2	
1988		44,5	34,3	31,3	0	29,1	36,5	33,9	
1989		20	21,8	19,3	31,2	40,2	34,2	27,7	
1990	36,3	24,4	29,7		20	35,7	32,5	22,6	
1991	52,5	36	27,2	33,3		26,6	32,1	26,6	
1992		29,2	27,3	24,1		26,2		31,7	
1993		32	23,2	22,5		35,1		21,4	
1994		23,3	21,4	32,7		29,1			
1995			26,0	15,8		23,1			
1996		25,3	18,5			23,8			
1997		25,7	27,0			18,6			
1998			16,7			30,0			
1999			28,6			32,3			
2000			18,9			26,5			
2001			61,3			24,4			
2002			37,0			28,8			

Çizelge 7.1. Devam-Yağış alanlarını etkileyen MGI'lere ait yılda günlük maksimum yağışlar [32]

Yağış Alanlarını Etkileyen MGI'lere Ait Yılda Günlük Maksimum Yağışlar, mm									
YIL/İst. Adı	Kağızman	Bozkuş	Kars	Kötek	Pazarcık	Sarıkamış	Selim	Susuz	Şenkaya (Ortulu)
2003			53,8			46,9			
2004			32,8			37,6			
2005			36,4			30,2			
2006			40,7			29,2			
2007			28,3			28,0			
2008			36,7			52,3			
2009			38,2			32,2			
2010						43,4			
2011			17,4			75,0			

Çalışılan havzada bulunan ancak Çizelge 7.1’de bulunmayan ve kayıp veri niteliğindeki Havalimanı istasyonu Şekil 7.1’de SYM haritası üzerinde gösterilmiştir. Bu istasyon verisinin bulunmasında Usul [31]’de belirtilen “Ağırlıklı Ortalama Metodu” kullanılmıştır.

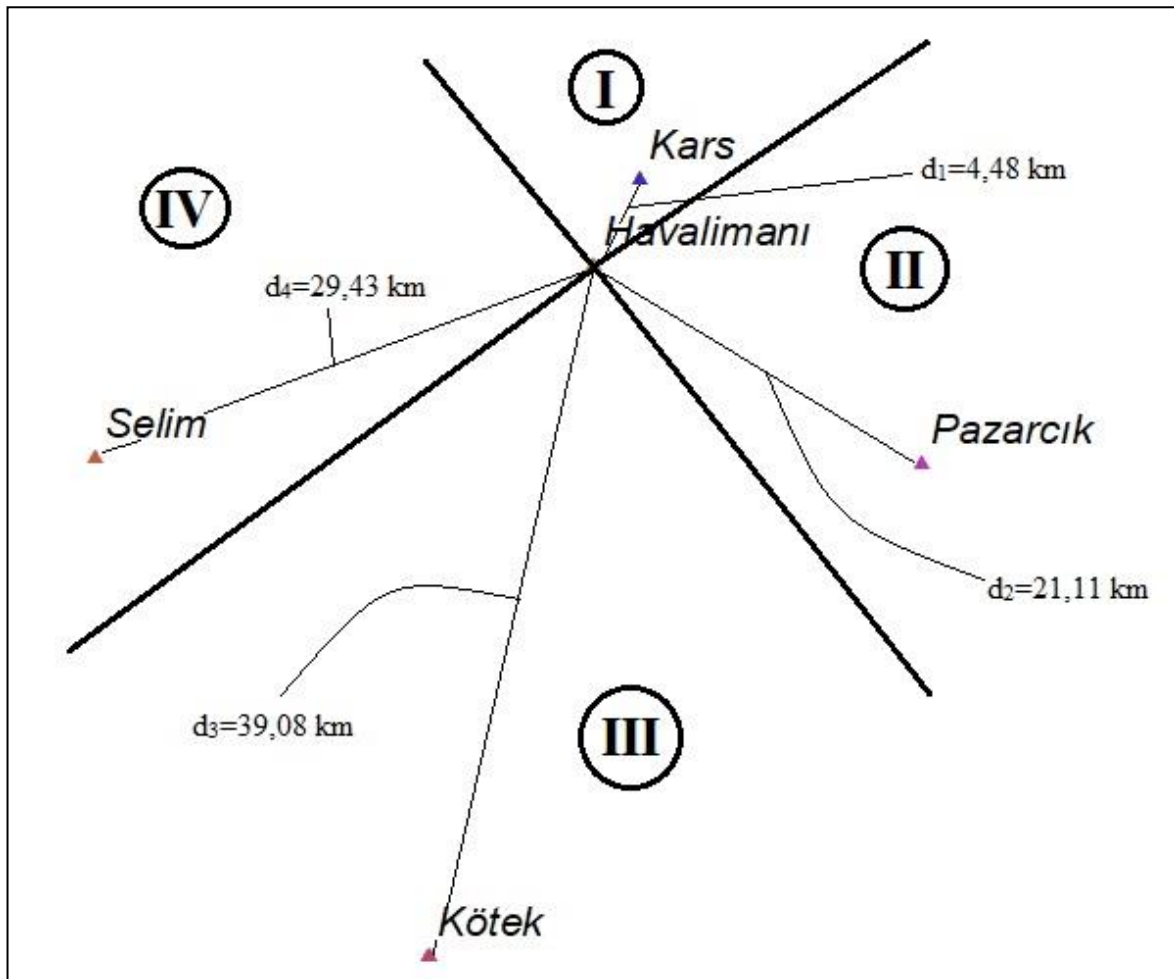


Şekil 7.1. Derecelendirilmiş SYM haritası ve MGI'lerin haritalandırılması

Ağırlıklı ortalama yöntemi

Eksik verisi bulunan istasyon merkeze yerleştirilerek çizilen Kartezyen koordinat eksenleri istasyon etrafında dört bölge meydana getirir. Her bölgede merkeze en yakın yağış istasyonu bulunup, bu istasyonlarda eksik veri süresinde gözlenen yağışlara P_1 , P_2 , P_3 ve P_4 ; istasyonların merkeze uzaklıklarına da d_1 , d_2 , d_3 ve d_4 (Resim 7.2) denilerek aranan değer Eş. 7.1 denklemi kullanılarak bulunur [31].

$$P_{tah} = \frac{\frac{P_1}{d_1^2} + \frac{P_2}{d_2^2} + \frac{P_3}{d_3^2} + \frac{P_4}{d_4^2}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2}} \quad (7.1)$$



Şekil 7.2. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Havalimanı MGİ kayıp veri hesabı sonuçları Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Havalimanı MGİ için Ağırlıklı Ortalama Yöntemi uygulaması

Ağırlıklı Ortalama Metodu ile Havalimanı MGİ Kayıp Veri Tahmini										Merkeze Uzaklık (d, km)
İstasyon Adı	İstatistik Uygunluk Testi Sonucu	Tekerrürlü Yağış Yükseklikleri (mm)								
		P ₂	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₁₀₀	P ₅₀₀	P ₁₀₀₀	
Kars	Log-Normal 3 (LN3)	27,56	36,20	42,35	50,57	57,02	63,58	79,96	87.66	4,48
Kötek	Gumbel Dağılımı	22,84	28,38	32,04	36,67	40,10	43,51	51,39	54.78	39,08
Pazarcık	Log-Normal 3 (LN3)	38,90	50,87	58,45	67,71	74,46	80,97	95,96	102.52	21,11
Selim	Gumbel Dağılımı	30,10	40,21	46,91	55,37	61,64	67,87	82,27	88.46	29,43
Havalimanı (Kayıp Data)		28.03	36,80	43,00	51,22	57,64	64,15	80,33	87,90	

7.1.2. Tekerrürlü yağış değerlerinin istatistiki yöntemlerle hesabı

Öngörülen tekerrür periyotlarında gelmesi muhtemel taşkın debilerinin hesabı için öncelikle aynı periyot sürelerindeki yağış miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu işlem için istatistiki dağılım fonksiyonları hesaplamalarına başvurulmuştur. Sırasıyla 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık maksimum yağışlar değişik istatistik dağılım fonksiyonları ve türleri kullanılarak hesaplanmıştır.

7.1.3. İstatistiki yöntemler

Yağışı alansal olarak en çok etkileyen MGİ, Selim gözlem istasyonudur. Dolayısıyla Selim gözlem istasyonuna ait istatistik hesapları bu bölümde örnek olarak anlatılacaktır. Diğer MGİ’lere ait hesaplar Ek-1’de verilmiştir.

Normal (Gaussian) (N) dağılım

Pratikte uygulamalarda karşılaşılan rastgele değişkenlerin büyük bir çoğunluğu normal dağılım (Gauss dağılımı) adı ile bilinen dağılıma uyar. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekildedir [33]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp[-(x - \mu_x)^2 / 2\sigma_x^2] \quad -\infty < x < \infty \quad (7.2)$$

σ_x = Rastgele değişkenin standart sapması

μ_x = Rastgele değişkenin ortalaması

Normal (Gaussian) Dağılım hesapları Çizelge 7.3'te sunulmuştur. Çizelgedeki terimler; N, değerli yıl sayısı; X, rasat değeri, mm; Ort, ortalama değeri; T_r , tekerrür değeri, yıl; $F(t) = 1/T_r$; t, dağılım fonksiyonunun bağımlı değişkeni; P, yağış değeri, mm şeklindedir.

Çizelge'deki P, tekerrürlü yağış değeri, Eş. 7.3'teki gibi hesap edilmiştir:

$$P = Ort + (t * \sigma_x) \quad (7.3)$$

Çizelge 7.3. Selim MGİ Normal (Gaussian) dağılım hesabı

N	28	NORMAL (GAUSSIAN) DAĞILIM							
YIL	İst. Adı Selim (mm)	Ort (mm)	X-Ort (mm)	(X-Ort) ² (mm ²)	Standart Sapma	T _r (yıl)	F(t) (1/yıl)	t	P (mm)
1963	21,6	31,6	-10,0	100	9,855437	2	0,5	0	31,6
1964	37,5		5,9	34,81		5	0,2	0,84	39,87857
1965	48,7		17,1	292,41		10	0,1	1,28	44,21496
1966	20,0		-11,6	134,56		25	0,04	1,75	48,84701
1967	26,0		-5,6	31,36		50	0,02	2,055	51,85292
1968	53,4		21,8	475,24		100	0,01	2,325	54,51389
1969	23,5		-8,1	65,61		500	0,002	2,875	59,93438
1970	21,8		-9,8	96,04		1000	0,001	3,09	62,0533
1971	26,5		-5,1	26,01					
1972	19,5		-12,1	146,41					
1973	29,2		-2,4	5,76					
1974	46,8		15,2	231,04					
1975	25,1		-6,5	42,25					
1976	34,5		2,9	8,41					
1977	40,1		8,5	72,25					
1978	17,6		-14,0	196					
1979	31,2		-0,4	0,16					
1981	18,5		-13,1	171,61					
1982	43,2		11,6	134,56					
1983	24,2		-7,4	54,76					
1984	24,6		-7,0	49					
1985	45,6		14,0	196					
1986	34,7		3,1	9,61					
1987	35,7		4,1	16,81					
1988	36,5		4,9	24,01					
1989	34,2		2,6	6,76					
1990	32,5		0,9	0,81					
1991	32,1		0,5	0,25					

Log-Normal 2 parametreli dağılım (LN2)

Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanımının kolay oluşu, normal dağılmış olmayan (çarpık dağılmış) değişkenlerin de uygun bir dönüşümle normal dağılıma uydurulmasına yol açar. Bu amaçla en çok kullanılan dönüşüm logaritmik dönüşümdür

[34].

“e” tabanında logaritması alınmış ve dönüştürülmüş y ($y=\ln x$) değişkenin gösterdiği daha doğrusu uydurulmuş olduğu dağılım bir normal dağılım ihtiva ediyorsa x 'in dağılımına log-normal denir ve x 'in bu durumdaki olasılık yoğunluk fonksiyonu Eş. 7.4'deki gibidir.

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln x - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2} \right], x > 0, -\infty < \mu_y < \infty, \sigma > 0 \quad (7.4)$$

Burada σ_y , dönüştürülmüş rastgele değişkenin standart sapmasını; μ_y , dönüştürülmüş rastgele değişkenin ortalamasını temsil etmektedir.

Selim gözlem istasyonuna ait LN2 dağılımı sonuçları Çizelge 7.4'de sunulmuştur. Çizelgede kullanılan parametrelerin açıklamaları şöyledir:

$$a = \ln \left(1 + \left(\frac{\sqrt{b}}{\mu_x} \right)^2 \right)$$

$$b = \left(\frac{\sum X^2}{N} - \mu_x^2 \right) \left(\frac{N}{N-1} \right)$$

S_n = Yağış değerlerinin standart sapması

$$K = \frac{e^{(t\sqrt{a}-a/2)}-1}{\sqrt{b}/\mu_x}, \text{ frekans faktörü}$$

$$P = Ort + (KS_n)$$

Çizelge 7.4. Selim MGİ 2 parametrelı Log-Normal (LN2) dağılım hesabı

LOG-NORMAL DAĞILIMI (2 PARAMETRELİ, LN2)								
X^2 (mm ²)	b (mm ²)	a (mm)	S_n	T_r (yıl)	F(t) (1/yıl)	t	K	P (mm)
466,56	97,12963	0,092825	9,855437	2	0,5	0	-0,14541	30,16688
1406,25				5	0,2	0,84	0,747324	38,9652
2371,69				10	0,1	1,28	1,314504	44,55502
400,00				25	0,04	1,75	2,010516	51,41452
676,00				50	0,02	2,055	2,518532	56,42123
2851,56				100	0,01	2,325	3,009381	61,25876
552,25				500	0,002	2,875	4,143302	72,43405
475,24				1000	0,001	3,09	4,640855	77,33766
702,25								
380,25								
852,64								
2190,24								
630,01								
1190,25								
1608,01								
309,76								
973,44								
342,25								
1866,24								
585,64								
605,16								
2079,36								
1204,09								
1274,49								
1332,25								
1169,64								
1056,25								
1030,41								

Log-Normal 3 parametrelı dağılım (LN3)

Aristizabal [35]'nin 3 parametrelı log-normal dağılımla ilgili verdiğı olasılık yoğunluk fonksiyonu şöyledir:

$$f(x; \mu, \sigma, \gamma) = \frac{1}{(x-\gamma)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln(x-\gamma)-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right], x > \gamma \geq 0, -\infty < \mu_y < \infty, \sigma > 0 \quad (7.5)$$

γ = Eşik parametresi veya konum parametresi

γ parametresi, $y = \ln(x - \gamma)$ şeklindeki dönüşüm formülasyonu üzerinde tanımlıdır. Selim gözlem istasyonuna ait LN3 dağılımı sonuçları Çizelge 7.5'te sunulmuştur. Çizelgede kullanılan parametrelerin açıklamaları şöyledir:

$$C_s = \frac{N - \sum(X - \mu_x)^3}{(N-1)(N-2)S_n^3}$$

M1 (μ_x) : Yağış değerlerinin ortalaması

$$M2 = \left(\frac{\sum X^2}{N}\right) - \mu_x^2$$

$$M3 = \frac{\sum X^3}{N} + 2\mu_x^3 - \left(3\mu_x \frac{\sum X^2}{N}\right)$$

$$G1 = M3 / M2^{3/2}$$

$$W1 = \frac{-G1 + (G1^2 + 4)^{1/2}}{2}$$

$$Z2 = \frac{1 - W1^{2/3}}{W1^{1/3}}$$

$$D1 = \ln(Z2^2 + 1)$$

$$D = e^{(t\sqrt{D1} - D1/2)}$$

$$K = \frac{D-1}{Z2}, C_s < 0; K = \frac{1-D}{Z2}, C_s > 0$$

$$P = M1 + K\sqrt{b} \text{ (b için bkz. Eş. (7.5))}$$

Çizelge 7.5. Selim MGİ 3 parametrelı Log-Normal (LN3) dağılım hesabı

LOG-NORMAL DAĞILIMI (3 PARAMETRELİ, LN3)										
X^3 (mm ³)	$(X-X_{ort})^3$ (mm ³)	S_n	C_s	$M1=X_{ort}$ (mm)	$M2$ (mm ²)	$M3$ (mm ³)	$G1$ (mm)	$W1$ (mm)	$Z2$ (mm)	$D1$ (mm)
10077,7	-1000,0	9,86	0,505	31,6	93,66	432,63	0,48	0,79	0,16	0,025
52734,4	205,4				T_r (yıl)	$F(t)$ (1/yıl)	t	D (mm)	K	P (mm)
115501,3	5000,2				2	0,5	0	0,99	-0,08	30,84
8000,0	-1560,9				5	0,2	0,8	1,13	0,80	39,52
17576,0	-175,6				10	0,1	1,3	1,21	1,31	44,55
152273,3	10360,2				25	0,04	1,8	1,30	1,90	50,32
12977,9	-531,4				50	0,02	2,1	1,36	2,30	54,30
10360,2	-941,2				100	0,01	2,3	1,42	2,68	57,98
18609,6	-132,7				500	0,002	2,9	1,55	3,49	65,98
7414,9	-1771,6				1000	0,001	3,1	1,60	3,83	69,30
24897,1	-13,8									
102503,2	3511,8									
15813,3	-274,6									
41063,6	24,4									
64481,2	614,1									
5451,8	-2744,0									
30371,3	-0,1									
6331,6	-2248,1									
80621,6	1560,9									
14172,5	-405,2									
14886,9	-343,0									
94818,8	2744,0									
41781,9	29,8									
45499,3	68,9									
48627,1	117,6									
40001,7	17,6									
34328,1	0,7									
33076,2	0,1									

Log-Pearson tip III dağılımı (LPT3)

Log-Pearson Tip III dağılımı, logaritmik veri setinin çarpıklık katsayısının sıfıra eşit olduğu özel bir durumdur. Olasılık yoğunluk fonksiyonu şöyledir [33]:

$$f(x) = \frac{1}{x|\beta|\Gamma(a)} \left(\frac{\ln(x)-\gamma}{\beta} \right)^{a-1} \exp \left(-\frac{\ln(x)-\gamma}{\beta} \right) \quad (7.6)$$

Sınır koşulları ise:

$$0 < x \leq e^\gamma, \beta < 0$$

$$e^\gamma \leq x < \infty, \beta > 0, \text{ , şeklindedir.}$$

Bu formülasyonda; α , biçim parametresi; β , ölçek parametresi; Γ , gamma fonksiyonu; γ , eşik parametresi olarak tanımlanmıştır.

Selim gözlem istasyonuna ait LPT3 dağılımı sonuçları Çizelge 7.6'da sunulmuştur. Çizelgede kullanılan parametrelerin açıklamaları şöyledir:

$$S_n - 1 = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \mu_X)^2}{N-1}}$$

$$C_s = \frac{N \sum (\log X - \log \mu_X)^3}{(N-1)(N-2)S_n - 1^3}$$

K: Frekans faktörü (Şekil 7.3)

$$P = 10^{(\log \mu_X + K S_n - 1)}$$

Çizelge 7.6. Selim MGİ Log-Pearson Tip 3 (LPT3) dağılım hesabı

LOG-PEARSON TİP III										
log(X)	log_ort	log(X)- log_ort	[log(x)- log_ort] ²	S _n -1	[log(X)- log_ort] ³	T _r (yıl)	F(t) (1/yıl)	K	log(P)	P (mm)
1,33	1,48	-0,14	0,02	0,14	-0,0030	2	0,5	0,00	1,48	30,14
1,57		0,09	0,01	C _s	0,0008	5	0,2	0,84	1,59	39,22
1,69		0,21	0,04	0,012	0,0090	10	0,1	1,28	1,65	45,03
1,30		-0,18	0,03		-0,0057	25	0,04	1,76	1,72	52,19
1,41		-0,06	0,00		-0,0003	50	0,02	2,06	1,76	57,42
1,73		0,25	0,06		0,0153	100	0,01	2,34	1,80	62,56
1,37		-0,11	0,01		-0,0013	500	0,002	2,84	1,86	73,26
1,34		-0,14	0,02		-0,0028	1000	0,001	3,11	1,90	79,65
1,42		-0,06	0,00		-0,0002					
1,29		-0,19	0,04		-0,0068					
1,47		-0,01	0,00		0,0000					
1,67		0,19	0,04		0,0070					
1,40		-0,08	0,01		-0,0005					
1,54		0,06	0,00		0,0002					
1,60		0,12	0,02		0,0019					
1,25		-0,23	0,05		-0,0128					
1,49		0,01	0,00		0,0000					
1,27		-0,21	0,05		-0,0096					
1,64		0,16	0,02		0,0038					
1,38		-0,10	0,01		-0,0009					
1,39		-0,09	0,01		-0,0007					
1,66		0,18	0,03		0,0058					
1,54		0,06	0,00		0,0002					
1,55		0,07	0,01		0,0004					
1,56		0,08	0,01		0,0006					
1,53		0,05	0,00		0,0002					
1,51		0,03	0,00		0,0000					
1,51		0,03	0,00		0,0000					

K frekans faktörü tablosu Şekil 7.3'teki gibidir.

C _s	T dönüş aralığı (yıl)													
	1.0101	1.0526	1.1111	1.2500	2	5	10	20	25	40	50	100	200	1000
	Aşılma olasılığı (%)													
	99	95	90	80	50	20	10	5	4	2.5	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.003	2.278	2.867	3.152	4.051	4.970	7.152
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.007	2.277	2.855	3.134	4.013	4.909	7.034
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.010	2.275	2.841	3.114	3.973	4.847	6.915
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.012	2.272	2.827	3.093	3.932	4.783	6.794
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.013	2.267	2.811	3.071	3.889	4.718	6.672
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.012	2.262	2.793	3.048	3.845	4.652	6.548
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.011	2.256	2.775	3.023	3.800	4.584	6.423
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.009	2.248	2.755	2.997	3.753	4.515	6.296
2.2	-0.905	-0.882	-0.884	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.006	2.240	2.735	2.970	3.705	4.444	6.168
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.001	2.230	2.712	2.942	3.656	4.372	6.039
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	1.996	2.219	2.689	2.912	3.605	4.298	5.908
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	1.989	2.207	2.664	2.881	3.553	4.223	5.775
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	1.981	2.193	2.638	2.848	3.499	4.147	5.642
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	1.972	2.179	2.611	2.815	3.444	4.069	5.507
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	1.962	2.163	2.582	2.780	3.388	3.990	5.371
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	1.951	2.146	2.552	2.743	3.330	3.910	5.234
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	1.938	2.128	2.521	2.706	3.271	3.828	5.095
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	1.925	2.108	2.489	2.666	3.211	3.745	4.955
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	1.910	2.087	2.455	2.626	3.149	3.661	4.815
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	1.894	2.066	2.420	2.585	3.087	3.575	4.673
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	1.877	2.043	2.384	2.542	3.022	3.489	4.531
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	1.859	2.018	2.346	2.498	2.957	3.401	4.388
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.839	1.993	2.308	2.453	2.891	3.312	4.244
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.819	1.967	2.268	2.407	2.824	3.223	4.100
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.797	1.939	2.227	2.359	2.755	3.132	3.956
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.774	1.910	2.185	2.311	2.686	3.041	3.811
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.750	1.880	2.142	2.261	2.615	2.949	3.666
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.726	1.849	2.098	2.211	2.544	2.856	3.521
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.700	1.818	2.053	2.159	2.472	2.763	3.377
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.773	1.785	2.007	2.107	2.400	2.670	3.233
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.645	1.751	1.960	2.054	2.326	2.576	3.090

Şekil 7.3. Pearson Tip 3 Frekans Faktörü (K) tablosu [33]

Gumbel dağılımı (G)

Olasılık teorisi ve istatistik çalışmalarında, Gumbel dağılımı çeşitli dağılımlara sahip bir dizi örneğin maksimum (veya minimum) dağılımını modellemek için kullanılır. Bu dağıtım, son on yıl için bir maksimum değer listesi varsa, belirli bir yıldaki bir nehrin maksimum seviyesinin dağılımını temsil etmek için kullanılabilir [36]. Olasılık yoğunluk fonksiyonu Eş. 7.7'deki gibidir.

$$f(x; \mu, \beta) = \frac{1}{\beta} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta} + e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)}\right)} \quad (7.7)$$

Burada, μ , mod; β , ölçek parametresi olarak tanımlanmıştır.

Selim gözlem istasyonuna ait Gumbel dağılımı sonuçları Çizelge 7.7'de sunulmuştur. Çizelgede kullanılan parametrelerin açıklamaları şöyledir:

Y_n : Gumbel parametresi (Şekil 7.4)

σ_n : Gumbel parametresi (Şekil 7.5)

$$a = \sigma_n / S_n - 1$$

$$X_o = \mu_x - Y_n / a$$

$$q = 1 - 1 / T_r$$

$$P = \frac{-(\ln(-\ln q))}{a} + X_o$$

Çizelge 7.7. Selim MGİ Gumbel (G) dağılım hesabı

GUMBEL DAĞILIMI						
Y_n	σ_n	a	X_o (mm)	T_r (yıl)	q	P (mm)
0,5343	1,1047	0,11209	26,83331	2	0,5	30,10311
				5	0,8	40,21483
				10	0,9	46,90967
				25	0,96	55,36862
				50	0,98	61,64395
				100	0,99	67,87294
				500	0,998	82,2672
				1000	0,999	88,45549

n	Y_n değeri									
(yıl)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5401	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5572	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Şekil 7.4. Gumbel parametresi, Y_n tablosu [36]

n	σ_n değeri									
(yıl)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9476	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,03160	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1657	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1959	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Şekil 7.5. Gumbel parametresi, σ_n tablosu [36]

Pearson tip 3 (PT3) dağılımı

Pearson Tip 3 dağılımı aslında 3 parametrelili bir Gamma fonksiyonudur. Pratikte çok kullanılan bir çarpık dağılımdır. 3 parametrelili dağılımın ise olasılık yoğunluk fonksiyonu Eş. 7.8’de verilmiştir [33].

$$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} e^{-(x-c/a)}, a > 0, b > 0, 0 < c < x \quad (7.8)$$

Selim istasyonu yağış değerlerine bu dağılımın uygulanmış şekli Çizelge 7.8’deki gibidir. Çizelgedeki parametrelerin açıklamaları aşağıdaki gibidir:

$$C_s = \frac{N \sum (\log X - \log \mu_X)^3}{(N-1)(N-2)S_n - 1^3}$$

K: Frekans faktörü (Şekil 7.3)

$$P = (\log \mu_x + KS_n - 1)$$

Çizelge 7.8. Selim MGİ Pearson Tip 3 (PT3) dağılım hesabı

LOG-PEARSON TİP III									
X (mm)	Ort (mm)	X-Ort (mm)	(X-Ort) ² (mm ²)	S _n -1	(X-Ort) ³ (mm ³)	T _r (yıl)	F(t) (1/yıl)	K	P (mm)
21,60	31,60	-10,00	100,00	9,86	-1000	2	0,5	-0,08	30,77
37,50		5,90	34,81	C _s	205	5	0,2	0,81	39,56
48,70		17,10	292,41	0,505	5000	10	0,1	1,32	44,64
20,00		-11,60	134,56		-1561	25	0,04	1,91	50,44
26,00		-5,60	31,36		-176	50	0,02	2,31	54,40
53,40		21,80	475,24		10360	100	0,01	2,69	58,10
23,50		-8,10	65,61		-531	500	0,002	3,40	65,12
21,80		-9,80	96,04		-941	1000	0,001	3,82	69,23
26,50		-5,10	26,01		-133				
19,50		-12,10	146,41		-1772				
29,20		-2,40	5,76		-14				
46,80		15,20	231,04		3512				
25,10		-6,50	42,25		-275				
34,50		2,90	8,41		24				
40,10		8,50	72,25		614				
17,60		-14,00	196,00		-2744				
31,20		-0,40	0,16		0				
18,50		-13,10	171,61		-2248				
43,20		11,60	134,56		1561				
24,20		-7,40	54,76		-405				
24,60		-7,00	49,00		-343				
45,60		14,00	196,00		2744				
34,70		3,10	9,61		30				
35,70		4,10	16,81		69				
36,50		4,90	24,01		118				
34,20		2,60	6,76		18				
32,50		0,90	0,81		1				
32,10		0,50	0,25		0				

Selim gözlem istasyonunda gözlenmiş yağışların olasılık dağılım fonksiyonlarıyla tekerrürlü hale getirilmiş halleri Çizelge 7.9’da verilmiştir.

Çizelge 7.9. Selim MGI yağış değerlerine ait istatistik hesabı bütün sonuçları

	NORMAL (GAUSSIAN) (mm)	PEARSON TİP 3 (mm)	GUMBEL (mm)	LOG- PEARSON TİP 3 (mm)	LOG- NORMAL 2 (LN2) (mm)	LOG- NORMAL 3 (LN3) (mm)
P ₂	31,60	30,14	30,10	30,77	30,17	30,84
P ₅	39,88	39,22	40,21	39,56	38,97	39,52
P ₁₀	44,21	45,03	46,91	44,64	44,56	44,55
P ₂₅	48,85	52,19	55,37	50,44	51,41	50,32
P ₅₀	51,85	57,42	61,64	54,40	56,42	54,30
P ₁₀₀	54,51	62,56	67,87	58,10	61,26	57,98
P ₅₀₀	59,93	73,26	82,27	65,12	72,43	65,98
P ₁₀₀₀	62,05	79,63	88,46	69,23	77,34	69,30

İstatistik testleri sonuçlarının hangisinin kullanılacağını seçiminde Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Kısaca bahsedilecek olursa “Kolmogorov-Smirnov (k-s) Testi” rastgele elde edilmiş örnek bir verinin belirli bir dağılıma (uniform, normal veya poisson) uyup uymadığını test etmek amacıyla kullanılır. Prensipte olarak (k-s) testi örnek verinin kümülatif dağılım fonksiyonunun öne sürülen kümülatif dağılım fonksiyonuyla karşılaştırılması esasına dayanır. Bu test yardımıyla bir örneklemden toplanan verilerin normal dağılım sergileyip sergilemediğini incelemek mümkündür. Testin ayrıntıları Ek-2’de verilmiştir. Testin sonuçları ise Çizelge 7.10’daki gibidir.

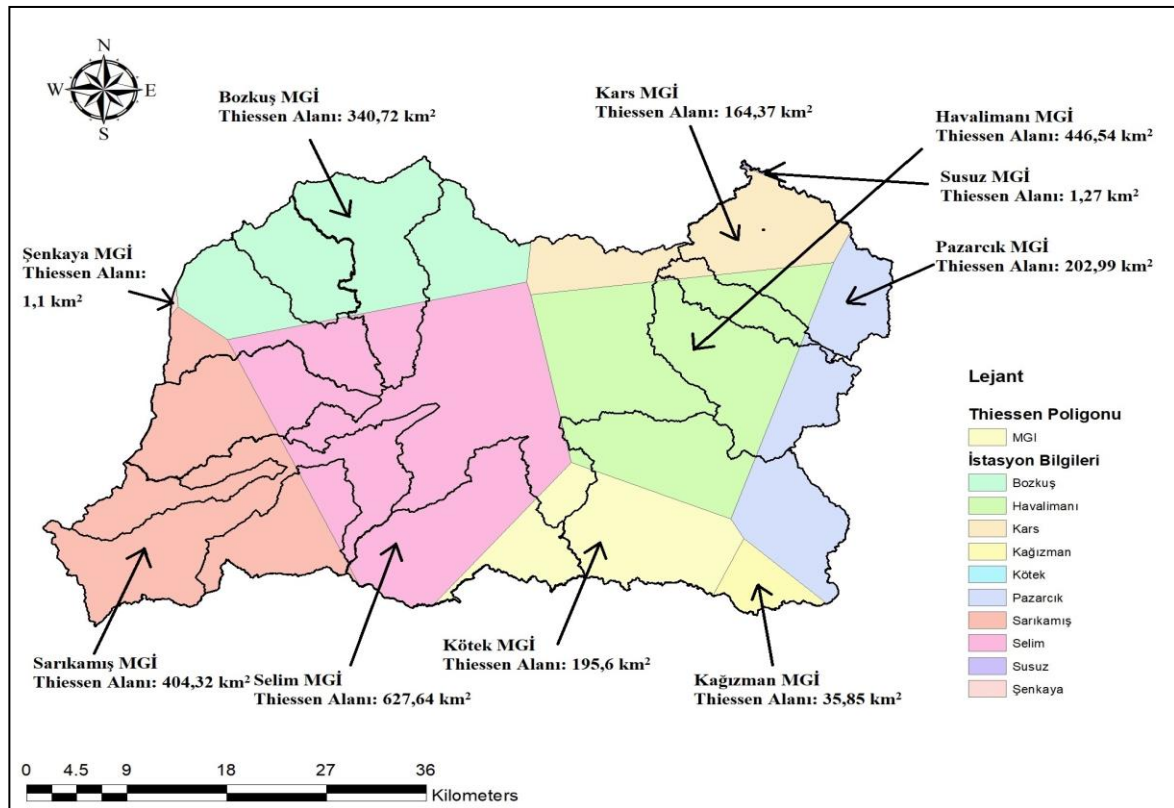
Çizelge 7.10. Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçları

Dağılım Tipi	Teorik P (mm)	Ampirik P (mm)	Maksimum P Dmax (mm)	Gözlem Değeri (mm)	Anlamlılık Yüzdeleri				
					0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Normal Dağılım	0,698	0,414	0,111	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (2 Parametrel)	0,665	0,414	0,079	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (3 Parametrel)	0,679	0,414	0,093	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	0,332	0,414	0,082	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Pearson Tip-3	0,353	0,414	0,061	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Gumbel	0,354	0,414	0,060	26,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Teorik ve ampirik değerler arasındaki farkın en az olduğu Gumbel dağılımının örneklem grubuna en uygun dağıldığı görülmektedir.

7.1.4. Thiessen alanlarının belirlenmesi

MGİ'lerden alınan yağış miktarları birer noktasal ölçümün ifadesidir. Hidrolojik çalışmalarda bir alana tekabül eden ortalama yağış miktarları bilinmelidir. Bunun için Thiessen Çokgen Yöntemi'ne başvurulmuştur. Havzalara tekabül eden yağış alanları ArcMap arayüzünde Create Thiessen Polygons komutuyla gerekli MGİ'ler yazılıma referans gösterilerek çizdirilmiştir. Dikkate alınan MGİ'ler ve havzadaki temsili alanları Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



Şekil 7.6. Yağış alanlarını temsil eden Thiessen çokgenleri

7.1.5. Akış eğri numaralarının hesabı (CORINE Land Cover)

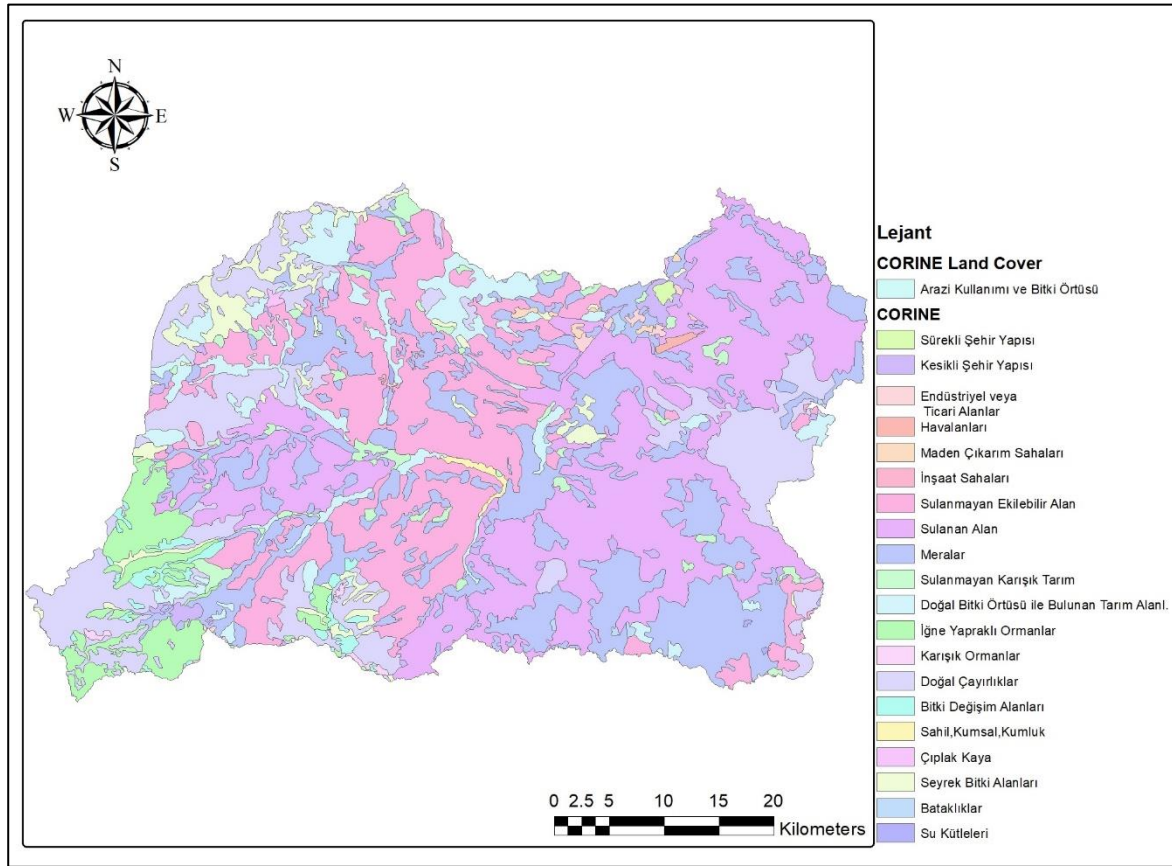
Arazi kullanımı, bitki örtüsü ve yüzey üstü incelemesi; akış eğri numaralarının tespitinde kullanılmıştır. Bu inceleme için A.B. kapsamında 1985 yılında başlatılan; 1990 yılının

referans alındığı; 2000, 2006 ve 2012 yıllarında güncellenen 44 sınıfta arazi örtüsü envanteri barındıran CORINE Land Cover çalışmasından yararlanılmıştır (Çizelge 7.11). Türkiye CORINE Land Cover veri tabanına 2019'da dâhil olmuştur. Copernicus Global Land Service (CGLS), yeryüzünü gözlemlemek için Avrupa'da pilot uygulama olarak çalışılan Copernicus'un Arazi İzleme Çekirdek Hizmetinin (LMCS) bir bileşenidir. The Global Land Service, küresel ölçekte ve orta ila düşük mekânsal çözünürlükte, arazi yüzeyinin durumu ve gelişimi (evrimi) üzerine bir dizi nitelikli biyo-jeofiziksel ürün üretmektedir. Ürünler arazi bitki örtüsü, su çevrimi, enerji bütçeleri ve kara kriyosferi gibi çalışma alanlarının takibi için kullanılır [37]. CORINE Land Cover envanterindeki sahalara arazi kullanım türüne göre belirli numaralarla sınıflandırılır. Her numara 100 üzerinden belirli bir eğri numarasına denk gelir. Arazi üzerinde her numaranın temsil ettiği alanlar belirlenir. Bu alanlar havza alanına bölünerek birim alanlar bulunur, birim alanlar eğri numaralarıyla çarpılarak kümülatif toplanır. Bu sonuç tüm havza için hesaplanan akış eğri numarasıdır.

Çizelge 7.11. CORINE numaralarının temsil ettiği arazi sınıflandırması ve onlara tekabül eden eğri numaraları

CORINE NO.	Arazi Kullanımı Durumu	EĞRİ NO.
111	Sürekli Şehir Yapısı	94
121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	91
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	88
124	Havaalanları	95
131	Maden Çıkarım Sahaları	87
133	İnşaat Sahaları	91
141	Yeşil Şehir Alanları	80
142	Spor ve Eğlence Alan	93
231	Meralar	81
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	84
312	İğne Yapraklı Ormanlar	70
313	Karışık Ormanlar	71
321	Doğal Çayırliklar	78
324	Bitki Değişim Alanları	80
333	Seyrek Bitki Alanları	75
411	Bataklıklar	70
512	Su Kütleleri	98
112-1	Kesikli Şehir Yapısı	90
112-2	Kesikli Kırsal Yapı	84
211-1	Sulanmayan Ekilebilir Alan	81
212-1	Sulan Alan	78
242-1	Sulanmayan Karışık Tarım	82
242-2	Sürekli Sulanan Karışık tarım	80
332-1	Çıplak Kaya	100
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	72
331	Sahil, Kumsal, Kumluk	96
221	Üzüm Bağları	80
213	Pirinç Tarlaları	78
523	Nehir ve Okyanus	99
222-1	Sulanmayan Meyve Bahçesi	81

Ana havzayı kapsayan CORINE Land Cover arazi üstü kullanımı ve bitki örtüsü durumunu gösteren alanlar ve açıklamaları Şekil 7.7’deki gibidir.



Şekil 7.7. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü durumunun havza içerisinde haritalandırılması

7.2. Akış ve Akış İstatistiği

Yağışlar sonucu oluşan akış debisi hesabının yapılabilmesi için yağış-akış ilişkisinin kurulması gereklidir. Drenaj alanlarına düşen yağışın bir kısmı bitkiler tarafından emilir, bir kısmı süzülüp yüzey altı suyunu besler, bir kısmı da yüzey üstünde akışa geçer. Akışın niteliği için akış güzergâhında akışın takip ettiği arazi örtüsü, arazi kullanım durumu vs. bilinmelidir. Bunun için 7.1.5’te ifade edilen CORINE Land Cover sınıflandırmasından faydalanılmıştır.

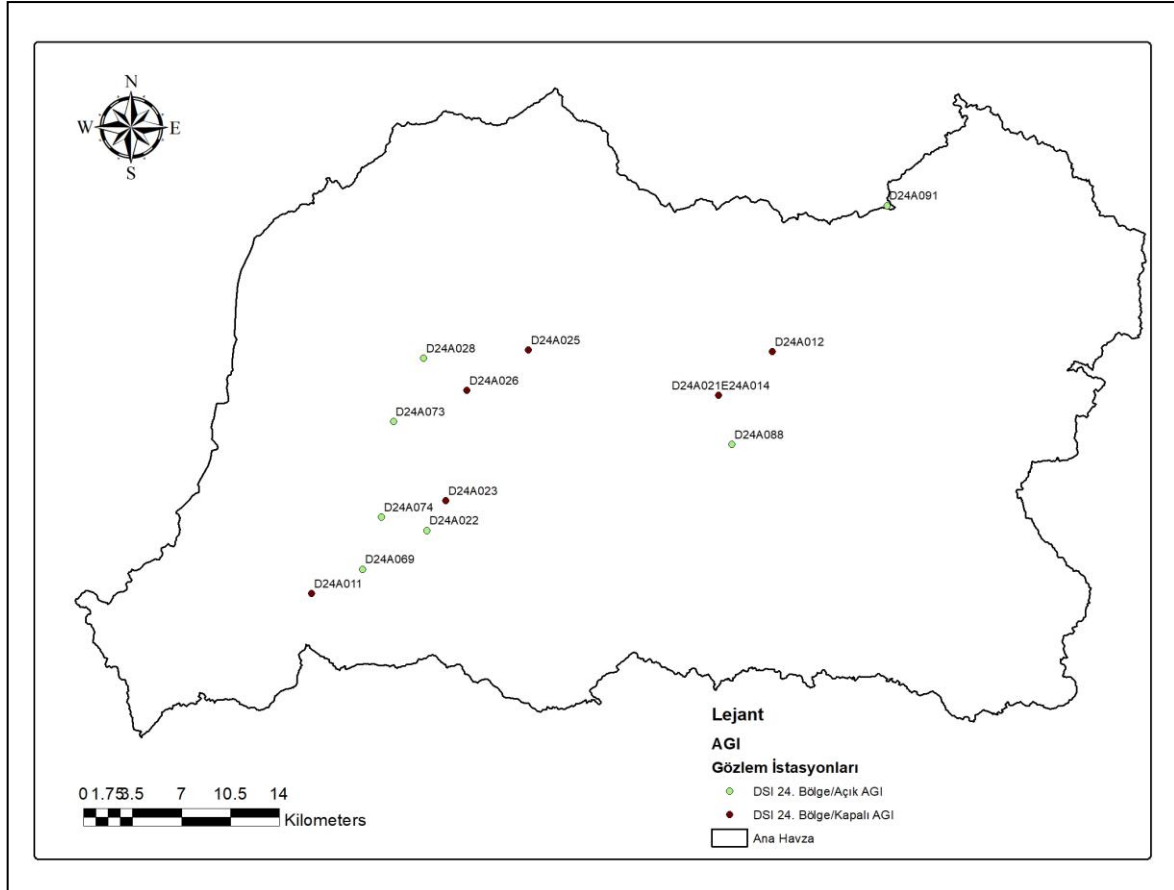
Taşkın debilerinin bulunması için hidroloji tarihinde çeşitli yöntemler kullanılmış olup bunların bir kısmı akım rasatlarına yönelik, bir kısmı deterministik, bir kısmı ise ampiriktir (Çizelge 7.12). Taşkın debilerinin bulunması için havzalara en uygun hesap yönteminin seçilip uygulanması gerekmektedir.

Çizelge 7.12. Taşkın debisi hesaplama yöntemleri

Taşın Debisi Hesaplama Yöntemleri		
Akım Rasatlarına Yönelik Hesaplar	Deterministtik Yöntemler	Ampirik Yöntemler
Noktasal Taşkın Frekans Analizi (NTFA)	Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi	Mc. Math Yöntemi
Bölgesel Taşkın Frekans Analizi (BTFA)	Mockus Yöntemi	Rasyonel Yöntem
	Snyder Yöntemi	

7.2.1. Akım gözlem istasyonları (AGİ)

Yağış-akış ilişkisinin analiz edilip geleceğe dair gerçekçi tahmin ve hesaplamalar yapılabilmesi için (geri beslemeli ileri tahminli çalışmalar, YSA vb.) hem yağış hem de akış rasatlarının uzun süreli ve eksiksiz olmasına özen gösterilmelidir. Çalışma alanında açık ve kapalı halde bulunan AGİ'lerin durumu Şekil 7.8'de gösterilmiştir. Çalışma süresince faydalanılan AGİ kayıtlarının en uzun rasat süresi 51, en kısa rasat süresi 14 senedir.



Şekil 7.8. Açık ve kapalı akım gözlem istasyonlarının durumu

Çizelge 7.13. Devam-Akım gözlem istasyonlarının rasat tarihi, yağış alanları ve pik debi değerleri [32]

Yıl	24-073		24-070		24-009		24-010		24-024	
	KATIRANLI Ç. BÖLÜKBASI		SUSUZ D. SUSUZ		KARAHAN Ç. AKYAKA		KARS Ç. ŞAHNALAR		TAZEKENT S.-TAZEKENT	
	Y. A. (km ²)	140	Y. A. (km ²)	210,8	Y. A. (km ²)	366	Y. A. (km ²)	4793	Y. A. (km ²)	278
	Tarih	Pik Debi	Tarih	Pik Debi	Tarih	Pik Debi	Tarih	Pik Debi	Tarih	Pik Debi
2010										
2009										
2008										
2007										
2006	29.04.2006	3,6			11.04.2006	60,4	25.04.2006	152,0		
2005					11.04.2005	44,8	02.04.2005	104,0		
2004	30.05.2004	7,8			20.05.2004	30,0	31.05.2004	206,0		
2003	10.04.2003	9,1	04.04.2003	14,3	11.04.2003	42,8	05.05.2003	135,0		
2002	17.06.2002	3,9	03.05.2002	14,3	25.05.2002	13,8	18.04.2002	88,4		
2001	03.05.2001	6,3	18.03.2001	9,5	15.05.2001	30,2	04.05.2001	60,5		
2000	20.04.2000	3,9	07.04.2000	16,1	08.04.2000	24,6	08.04.2000	100,0	09.04.2000	3,8
1999	15.06.1999	5,7	07.05.1999	13,8	12.04.1999	34,2	02.04.1999	71,0	25.06.1999	6,4
1998	02.06.1998	7,3			09.04.1998	44,0	19.05.1998	174,0	18.05.1998	12,0
1997	23.04.1997	14,3	27.04.1997	17,5	28.04.1997	58,8	27.04.1997	258,0	21.05.1997	15,8
1996	18.04.1996	7,3	09.04.1996	11,2	09.04.1996	24,5	09.04.1996	112,0	07.04.1996	1,5
1995	08.04.1995	5,1	19.04.1995	6,0	30.04.1995	33,8	19.04.1995	74,0	13.04.1995	1,5
1994	08.04.1994	7,3	30.04.1994	7,7	15.04.1994	15,3	30.04.1994	120,0	15.04.1994	1,7
1993	02.05.1993	10,1	19.04.1993	31,3	07.06.1993	41,6	20.04.1993	175,0	19.04.1993	11,0
1992	13.04.1992	11,9	02.06.1992	26,5	21.06.1992	59,7	16.06.1992	536,0	13.04.1992	10,0
1991	04.04.1991	12,7	31.03.1991	30,5	23.06.1991	67,8	01.04.1991	544,0	31.03.1991	12,0
1990	24.03.1990	15,5	28.03.1990	12,1	12.04.1990	28,0	28.03.1990	190,0	23.03.1990	18,0
1989	10.03.1989	8,9			14.04.1989	14,5	10.03.1989	82,0	23.03.1989	18,0
1988	15.04.1988	10,0			22.04.1988	36,0	16.04.1988	210,0	18.07.1988	12,0
1987			02.05.1987	45,0	12.06.1987	54,0	18.04.1987	290,0		
1986					22.05.1986	25,0	17.06.1986	170,0		
1985					07.04.1985	24,0	13.04.1985	97,0		
1984					16.04.1984	46,0	20.05.1984	540,0	08.04.1984	3,9
1983					08.04.1983	8,0	06.06.1983	94,0		
1982					18.04.1982	13,5	18.04.1982	115,0		
1981					17.06.1981	8,9	21.04.1981	64,0		
1980					05.04.1980	17,0	05.04.1980	300,0		
1979					04.04.1979	13,5	05.06.1979	80,0		
1978					18.04.1978	20,0	10.04.1978	160,0		
1977							06.05.1977	125,0		
1976							17.04.1976	160,0		
1975							05.04.1975	93,0		
1974							04.05.1974	175,0		
1973							14.04.1973	300,0		
1972							12.04.1972	250,0		
1971					30.03.1971	10,0	14.04.1971	88,0		
1970					08.04.1970	18,0	31.03.1970	140,0		
1969					14.03.1969	48,0				
1968					18.04.1968	54,0	15.04.1968	197,0		
1967					14.05.1967	23,0	13.05.1967	130,0		
1966					16.05.1966	92,0	22.05.1966	110,0		
1965					25.04.1965	39,0	18.04.1965	110,0		
1964					07.04.1964	30,0				
1963					02.06.1963	96,0	09.06.1963	220,0		
1962					05.05.1962	8,3	09.07.1962	115,0		
1961					09.05.1961	7,5				

Kars Çayı için Noktasal Taşkın Frekans Analizi hesaplarında kullanılan EİE24A009 (Kars-Güvercinkaya) AGİ istasyonunun istatistik hesapları Çizelge 7.14'te verilmiştir. Diğer AGİ'lere ait hesaplamalar Ek-3'te verilmiştir.

Çizelge 7.14. EİE24A009 AGİ'ye ait istatistik hesapları sonuçları

NORMAL (GAUSSIAN) (m ³ /s)		PEARSON TİP 3 (m ³ /s)	GUMBEL DAĞILIMI (m ³ /s)	LOG- PEARSON TİP 3 (m ³ /s)	LOG- NORMAL 2 (LN2) (m ³ /s)	LOG- NORMAL 3 (LN3) (m ³ /s)
Q ₂	144,54	110,43	126,65	110,92	113,50	118,39
Q ₅	240,27	215,16	237,79	206,05	203,54	215,98
Q ₁₀	290,42	293,46	311,37	285,65	276,39	287,23
Q ₂₅	343,98	396,62	404,34	405,44	383,23	384,03
Q ₅₀	378,74	474,31	473,32	508,89	473,77	460,99
Q ₁₀₀	409,51	551,87	541,78	624,79	571,61	540,27
Q ₅₀₀	472,20	673,10	699,99	911,42	837,91	741,32
Q ₁₀₀₀	496,70	706,72	768,00	1115,07	973,02	837,21

İstatistiki testlerin hangisinin hidrolik hesaplarda kullanılacağına karar vermek için uygulanan Kolmogorov-Smirnov testinin sonuçları Çizelge 7.15'teki gibidir.

Çizelge 7.15. EİE24A009 AGİ istatistik hesaplarına Kolmogorov-Smirnov testinin uygulanması ve sonucu

Dağılım Tipi	Teorik P (mm)	Amprik P (mm)	Maksimum P Dmax (mm)	Gözlem Değeri (mm)	Anlamlılık Yüzdeleri				
					0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Normal Dağılım	0,544	0,615	0,159	132,0	Ret	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (2 Parametrel)	0,904	0,173	0,077	45,9	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (3 Parametrel)	0,557	0,615	0,059	132,0	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	0,599	0,654	0,055	145,0	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Pearson Tip-3	0,115	0,173	0,058	45,9	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Gumbel	0,144	0,019	0,125	26,0	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 7.15'te görüldüğü üzere teorik hesap ile ampirik hesap arasındaki farkın en küçük olduğu P değeri, başka bir deyişle gözlem sonuçlarının uygulanan dağılıma en uygun dağıldığı dağılım tipi Pearson Tip 3'tür.

7.2.2. Baz akım hesabı

Kars Çayı ana havzası için baz akım hesabının yapılması D24A091 Kars-Fakülte akım gözlem istasyonunun aylık yağış verilerinden faydalanılmış ve havzaya taşınmıştır. (Diğer havzaların baz akım hesapları Ek-4'te verilmiştir.) Kars Çayı ana havzası için baz akım hesabı Çizelge 7.16'da verilmiştir.

Çizelge 7.16. Kars Çayı ana havzası için baz akım hesabı

En Yakın AGİ Bilgileri					
D24A091					
Yağış Alanı (km ²) =	2510				
Kayıtlı Gözlem Yılları =	2000-2 + 2006-17				
Gözlem Süresi =	14 yıl				
Aylık Ortalama Akımlar (m ³ /s)					
EKİM	3,985				
KASIM	4,348				
ARALIK	3,921	ELE ALINAN MAKSİMUM DEĞERLER			
OCAK	3,919	NİSAN	MAYIS	ORT	
ŞUBAT	4,372	22,261	24,18	23,2205	m ³ /s
MART	9,634				
NİSAN	22,261	Formül: $Q=Q_{AGİ}*(A_P/A_{AGİ})^{2/3}$			
MAYIS	24,18	Q _{baz} =	19,72003	m ³ /s	
HAZİRAN	10,226				
TEMMUZ	5,64				
AĞUSTOS	3,468				
EYLÜL	3,025				

7.3. Taşkın Debisi Hesaplama Yöntemleri

Havza karakteristik özelliklerinin bilinmesi uygulanacak herhangi bir taşkın debisi hesaplama yönteminin daha sağlıklı sonuçlar vereceğinin tespiti için önemlidir. Literatürde açıklanmış her tekerrürlü taşkın debisi hesabının uygulanma şart ve sınırlılıkları mevcuttur. Bu şart ve sınırlar içerisinde en uygun ve sağlıklı sonuçlar elde edilir. Bu çalışmada alt

havzalar için drenaj havzası büyüklükleri ve suyun toplanma süresi gibi kıstaslar değerlendirilerek en uygun yöntem seçilmeye çalışılmıştır. Çizelge 7.12'deki yöntemlerin şart ve sınırlılıkları Çizelge 7.17'de verilmiştir.

Çizelge 7.17. Debi yöntemlerinin şart ve sınırlılıkları

Akım Rasatlarına Yönelik Hesaplar	Sınırlılık
Noktasal Taşkın Frekans Analizi (NTFA)	Suyu getiren kol üzerinde güncel ve detaylı ölçüm rasatlarının bulunması gerekmektedir.
Bölgesel Taşkın Frekans Analizi (BTFA)	Havza içerisine dağılan akım rasat ağının yahut kolun devam ettiği diğer komşu havzalardaki akım rasatlarının güncel ve detaylı olması gerekmektedir.
Deterministlik Yöntemler	Sınırlılık
Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi	Sağlıklı ve güvenilir akım rasatları bulunmayan ve drenaj alanı 1000 km ² 'yi aşmayan havzalarda uygulanması öngörülür.
Mockus Yöntemi	Suyun toplanma süresinin 30 saati aştığı havzalarda uygulanmaması öngörülür.
Snyder Yöntemi	C _p ve C _t havza karakteristik katsayıları mevcut ve 26-26 000 km ² drenaj alanına sahip havzalarda uygulanması öngörülür.
Ampirik Yöntemler	Sınırlılık
Mc. Math Yöntemi	Eğimi oldukça az, düze yakın yağış yüzeylerinde kullanılması uygun görülmektedir.
Rasyonel Yöntem	5 km ² 'den küçük drenaj alanına sahip havzalarda en uygun sonucu verdiği öngörülmektedir.

7.3.1. Akım rasatlarına yönelik hesaplar

Noktasal taşkın frekans analizi (NTFA)

İstatistiksel metot kullanılarak belirli yağış alanına sahip rasatlara birtakım olasılık yoğunluk fonksiyonları uygulanarak bu değerlerin ilgili olasılık değerlerinde belirli dağılımlara uyulması istenir. Bu işlemin sonucunda dağılım sonuçları belirli hata oranlarında (0,05) dağılıma uygunluk testine (Kolmogorov-Smirnov sınaması) tabi tutulur [38]. Pik ölçümler 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü hale getirilir.

Havza içerisinde her su kolu üzerinde akım gözlem istasyonu olmadığından, kapanmış olduğundan yahut hatalı ve eksik veriler ihtiva ettiğinden dolayı havza içerisinde yahut yakınlarında akış güzergâhı üzerindeki akım gözlem istasyonlarındaki değerler ilgili havzalara Eş. 7.9'daki formülle taşınarak noktasal frekans analizleri yapılmıştır.

Kars Çayı ana havzası için noktasal hesaplar Çizelge 7.18'de verilmiştir. Diğer alt havzalara ait bütün hidrolojik hesap ve çizelgeler Ek-5'te verilmiştir.

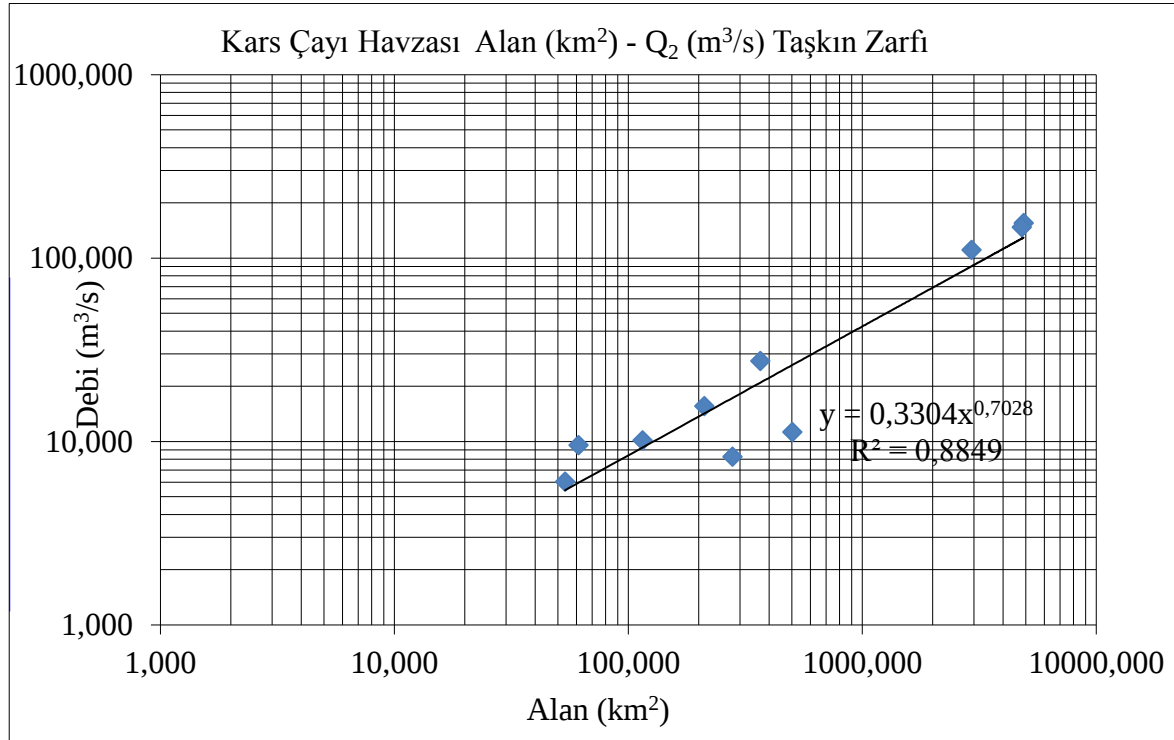
Çizelge 7.18. Kars Çayı ana havzası NTFA hesabı

Tekerrür (yıl)	2	5	10	25	50	100	500	1000
E24A009 (m ³ /s)	110,43	215,16	293,46	396,62	474,31	551,87	673,10	706,72
NTFA (m ³ /s)	97,26	189,52	258,49	349,35	417,78	486,09	529,37	622,48
NTFA+BA (m ³ /s)	116,98	209,24	278,21	369,07	437,50	505,81	549,09	642,20

Bölgesel taşkın frekans analizi (BTFA)

Havzalar içerisindeki akım gözlem istasyonlarının istatistiksel yöntemle hesaplanmış 2 yıl tekerrürlü akım değerleri ve her istasyonun temsil ettiği yağış alanı değerleri kullanılarak A-Q₂ taşkın zarfı oluşturulur (Şekil 7.9). Her istasyon (Çizelge 7.19) için çalışılan 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 yıl tekerrürlü akım değerleri 2 yıl tekerrürlü taşkın debisine bölünerek boyutsuz frekans değerleri elde edilir (Çizelge 7.20) ve boyutsuz frekans değerlerinin her tekerrür yılı için ortalaması alınır. Çalışılan havza drenaj alanına karşılık

gelen taşkın zarfı değeri ve çalışılan tekerrür süresine ait ortalama boyutsuz frekans değeri çarpılır ve bölgesel bir akım değeri elde edilmiş olur.



Şekil 7.9. Q₂-A taşkın zarfı [32]

Çizelge 7.19. Taşkın zarfında kullanılan AGİ bilgileri [32]

AGİ İst. No	Mevki	Yağış Alanı (km ²)
E24A009	Kars - Güvercinkaya	2928,00
E24K019	Telek - Çıldır	501,60
E24A018	Şahnalar	4890,80
D24K069	Sarıkamış - Yağbasan	114,94
D24K074	Çatak	53,60
D24K022	G. Tansuk	61,20
D24K070	Susuz	210,80
D24K009	Akyaka	366,00
D24K010	Şahnalar	4793,00
D24K024	Tazekent	278,00

Çizelge 7.20. Akım değerlerinin Q_2 değerleri ile boyutsuz hale getirilmesi

AGI İst. No	Mevki	Yağış Alanı (km ²)	Boyutsuz Taşkın Oranları							
			Q_2/Q_2	Q_5/Q_2	Q_{10}/Q_2	Q_{25}/Q_2	Q_{50}/Q_2	Q_{100}/Q_2	Q_{500}/Q_2	Q_{1000}/Q_2
E24A009	Kars - Güvercinkaya	2928,00	1,00	1,95	2,66	3,59	4,30	5,00	6,10	6,40
E24K019	Telek-Çıldır	501,60	1,00	1,64	2,06	2,60	2,99	3,39	4,29	4,69
E24A018	Şahnalar	4890,80	1,00	1,65	2,16	2,87	3,45	4,08	5,73	6,53
D24K069	Sarıkamış-Yağbasan	114,94	1,00	1,43	1,75	2,19	2,54	2,92	3,90	4,37
D24K074	Çatak	53,60	1,00	1,63	2,18	3,06	3,74	4,83	7,82	9,51
D24K022	G. Tansuk	61,20	1,00	1,51	1,85	2,27	2,59	2,90	3,63	3,94
D24K070	Susuz	210,80	1,00	1,62	2,09	2,74	3,27	3,83	5,31	6,01
D24K009	Akyaka	366,00	1,00	1,78	2,41	3,34	4,12	4,99	7,36	8,54
D24K010	Şahnalar	4793,00	1,00	1,60	2,04	2,66	3,16	3,69	5,07	5,73
D24K024	Tazekent	278,00	1,00	1,81	2,35	3,03	3,54	4,04	5,20	5,70
Ortalama Q/Q_2			1,00	1,66	2,16	2,84	3,37	3,97	5,44	6,14

Kars Çayı ana havzasına ait BTFA hesabı sonuçları Çizelge 7.21’deki gibidir.

Çizelge 7.21. Kars Çayı ana havzası için BTFA sonuçları

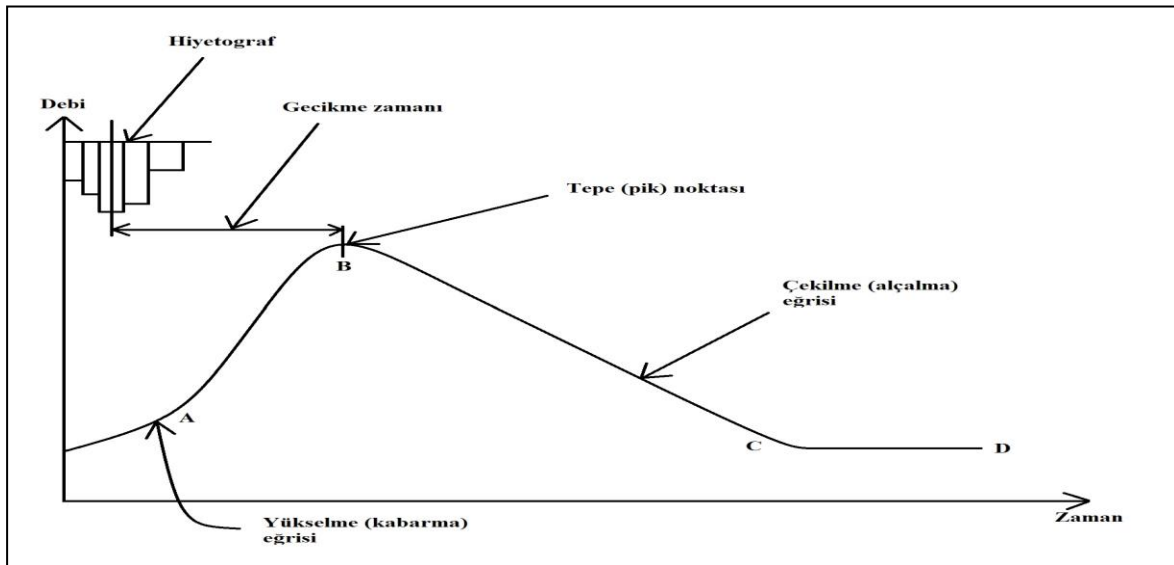
Drenaj Alanı (km ²)	2420,43	Taşkın zarfı değeri						
		78,92956453						
Tekerrür (yıl)	2	5	10	25	50	100	500	1000
Ortalama Q/Q_2	1	1,66	2,16	2,84	3,37	3,97	5,44	6,14
BTFA (m ³ /s)	78,93	131,22	170,11	223,81	266,04	313,12	429,44	484,73
BTFA+BA (m ³ /s)	98,65	150,94	189,83	243,53	285,76	332,84	449,16	504,45

7.3.2. Deterministlik yöntemler

Sentetik birim hidrograf yöntemi

Bir birim hidrograf yöntemidir. Hidrograf, bir akarsu kesitindeki debinin zamana göre değişimini gösteren bir grafikdir (Şekil 7.10). Hidrografın şekli taşkını meydana getiren yağışın ve drenaj alanının özelliklerine göre değişir. Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi’nde boyutsuz birim hidrograf koordinatları yardımıyla 2 saatlik yağışa ait birim hidrograf hesap

edilir. Birim hidrograf, bir drenaj alanında belirli bir süre devam eden yağışın birim yükseklikte akış meydana getiren kısmıdır. Birim hidrograf ya gözlem değerlerinden ya da sentetik olarak elde edilir. Gözlemlerden elde edilebilmesi için yağış ve akış rasatlarının birlikte bulunması gerekir. Sentetik birim hidrograflar, üzerinde uzun süreli güvenilir akım rasatları bulunmayan akarsu havzalarından gelebilecek taşkın değerlerinin hesaplanmasını sağlar. Farklı tekerrür yıllarındaki taşkın debileri, oluşturulan birim hidrografın ötelenmesi ve süperpozisyonu ile bulunur. Drenaj alanında uzun süreli ve güvenilir akım rasatları bulunmayan ve drenaj alanı 1000 km²'yi aşmayan havzalarda tercih edilir [39]. Kars Çayı ana havzası 2420,43 km² olduğundan bu yöntemle hesaplama yapılmamıştır.



Şekil 7.10. Hidrograf elemanları

Yöntem harmonik eğim hesabını kullanır. Çıkarılmış en uzun su kolu 10 eşit parçaya bölünür ve bölünme noktalarına karşılık gelen kotlar derecelendirilmiş sayısal yükseklik haritası üzerinde okunur. Bu yöntemde kullanılan parametreler ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

S, Eş. 7.9'daki gibi hesaplanır.

$$S = \left(\frac{10}{\sum 1/\sqrt{S_i}} \right)^2 \quad (7.9)$$

q_v (l/s/km²/mm) Eş. 7.10'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$q_v = 414 \frac{1}{A^{0,225} \left(\frac{L_c}{\sqrt{S}} \right)^{0,16}} \quad (7.10)$$

A = Havza alanı (km²)

L= Su boyları (km)

L_c=Su kolunun havza ağırlık merkezine en yakın dik izdüşümünü kestiği uzunluk (km)

S= Harmonik eğim

$$q_p = 10^{-3} q_v A \quad (7.11)$$

q_p = Birim debi (m³/s/mm)

$$T = 1013,9 / q_v ; T_p = T / 5 \quad (7.12)$$

T=Hidrograf süresi (sa)

T_p= Yükselme süresi (sa)

Bu yöntemde tekerrürlü yağış değerleri Thiessen alanlarına göre ağırlıklı olarak düzenlenir ve ortalamaları alınır. Sonra bu tekerrürlü ortalama değerler, düzeltilmiş tekerrürlü plüviyograf katsayıları, yağış-alan dağılım oranları ve maksimize faktörüyle çarpılarak yağış yükseklikleri bulunur. Bu yağış yüksekliklerinden (h_y) Eş. 7.13 ile akış yükseklikleri (h_a) bulunur.

$$h_a = \frac{\left(h_y - 0,2 \left(\frac{1000}{E_{gri\ No}} - 10 \right) 25,4 \right)^2}{h_y + 0,8 \left(\frac{1000}{E_{gri\ No}} - 10 \right) 25,4} \quad (7.13)$$

Q_p ve T_p boyutsuz hidrograf parametreleriyle çarpılarak birim hidrograf elde edilir. Birim hidrograf Excel çalışma ortamında çizdirilerek istenen saat aralıkları bulunabilecek şekilde düzenlenir. Bulunan hidrograf değerleri artım akış yüksekliklerine göre 2'şer saat ötelenerek (Eş. 7.14-24) BH₄, BH₆, BH₈, BH₁₀, BH₁₂, BH₁₈, BH₂₄ değerleri her tekerrür yılı için bulunur. En yüksek olan değer her tekerrür değeri için taşkın debisi olarak bulunur.

$$BH_2 + (BH_2)_2 = 2BH_4 \quad (7.14)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 = 3BH_6 \quad (7.15)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 = 4BH_8 \quad (7.16)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 = 5BH_{10} \quad (7.17)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} = 6BH_{12} \quad (7.18)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} = 7BH_{14} \quad (7.19)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} + (BH_2)_{14} = 8BH_{16} \quad (7.20)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} + (BH_2)_{14} + (BH_2)_{16} = 9BH_{18} \quad (7.21)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} + (BH_2)_{14} + (BH_2)_{16} + (BH_2)_{18} = 10BH_{20} \quad (7.22)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} + (BH_2)_{14} + (BH_2)_{16} + (BH_2)_{18} + (BH_2)_{20} = 11BH_{22} \quad (7.23)$$

$$BH_2 + (BH_2)_2 + (BH_2)_4 + (BH_2)_6 + (BH_2)_8 + (BH_2)_{10} + (BH_2)_{12} + (BH_2)_{14} + (BH_2)_{16} + (BH_2)_{18} + (BH_2)_{20} + (BH_2)_{22} = 12BH_{24} \quad (7.24)$$

Mockus yöntemi

Yöntem itibariyle bir sentetik birim hidrograf yöntemi olmasının yanında hidrografları bir üçgen formunda tanımlar. Akım gözlem kayıtlarının bulunmadığı ve suyun toplanma

süresinin 30 saatten az olduğu havzalarda uygulanır. Bu yöntemde kullanılan parametreler ve formüller aşağıdaki gibidir.

$$T_c = 0,00032 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (7.25)$$

Bu formülde T_c , toplanma süresi (sa); L, su boyu (km); S, harmonik eğim'dir.

$$D = 2\sqrt{T_c} \quad (7.26)$$

D=Suların toplanma zamanına tekabül eden yağış süresi (sa) ($T_c < 1$ ise $T_c = D$ alınır)

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0,6T_c \quad (7.27)$$

T_p = Hidrografın yükselme zamanı (sa)

$$T_r = 1,67T_p \quad (7.28)$$

T_r =Çekilme süresi (sa)

$$T = T_r + T_p \quad (7.29)$$

T=Taşkın süresi (sa)

$$q_p = \frac{KA}{T_p} \quad (7.30)$$

Bu formülde ise q_p , birim debi ($m^3/s/mm$); K= 0,222 (ampirik bir katsayı); A, alan (km^2)'dir.

Ana havza için yöntem şartları sağladığından ($T_c=21,56$ sa) yöntem uygulanmıştır. Mockus yönteminde sadece tek bir kritik yağış süresi üzerinden tekerrürlü taşkın debileri hesap edilir. Ayrıca birim hidrografın bir üçgen formunda tanımlanması da yöntemin abartılı

sonuçlar bulmasına neden olmaktadır. Yöntemin seçilmesi söz konusu olduğunda bu teşhisler göz önünde bulundurulmuştur.

Kars Çayı ana havzası için Mockus yöntemiyle tekerrürlü taşkın debisi hesabı için ilk adım olarak harmonik kotlar belirlenmiş ve Çizelge 7.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.22. Harmonik kotlar ve kol uzunluğu bilgileri

ANA HAVZA (KARS ÇAYI HAVZASI)		ΣL_i (km)	H (kotlar, m)		
L_0 (km)	9977,2203	0	1743		
L_1 (km)	9977,2203	9977,2203	1752		
L_2 (km)	9977,2203	19954,4406	1763		
L_3 (km)	9977,2203	29931,6609	1798		
L_4 (km)	9977,2203	39908,8812	1811		
L_5 (km)	9977,2203	49886,1015	1836		
L_6 (km)	9977,2203	59863,3218	1865		
L_7 (km)	9977,2203	69840,5421	1911		
L_8 (km)	9977,2203	79817,7624	2047		
L_9 (km)	9977,2203	89794,9827	2139		
L_{10} (km)	9977,2203	99772,203	2360	Suyun Toplanma Süresi	Saat
L_{toplam} (km)	99772,203	H. Alanı (km ²)		T_c	21,56
L_i (km)	9977,2203	2420,43		D =	9,29

Bir sonraki adım harmonik eğim hesabıdır. Kars Çayı ana havzası için Harmonik eğim Çizelge 7.22’deki bilgiler dikkate alınarak hesaplanmış ve Çizelge 7.23’te gösterilmiştir.

Çizelge 7.23. Kars Çayı ana havzası için harmonik eğim hesabı

Harmonik Eğim Hesabı					
H_1 (m)	H_2 (m)	ΣL_i (km)	$\Delta H/L_i$	$\sqrt{S}$	$1/\sqrt{S}$
1743	1752	9977,2203	0,000902055	0,030034228	33,29534552
1752	1763	19954,4406	0,001102511	0,033204088	30,11677319
1763	1798	29931,6609	0,003507991	0,059228296	16,88382176
1798	1811	39908,8812	0,001302968	0,03609665	27,70340204
1811	1836	49886,1015	0,002505708	0,050057047	19,97720731
1836	1865	59863,3218	0,002906621	0,053913089	18,54837134
1865	1911	69840,5421	0,004610503	0,067900682	14,72739262
1911	2047	79817,7624	0,013631051	0,116752093	8,565156973
2047	2139	89794,9827	0,009221005	0,096026065	10,41383919
2139	2360	99772,203	0,022150458	0,1488303	6,71906193
Harmonik Eğim (m/km)		S =	0,002861194	TOPLAM =	186.9503719

T_p , T_r , T ve q_p değerleri Eş. 7.27-30 kullanılarak hesaplanmıştır ve bulunan değerler aşağıda verilmiştir.

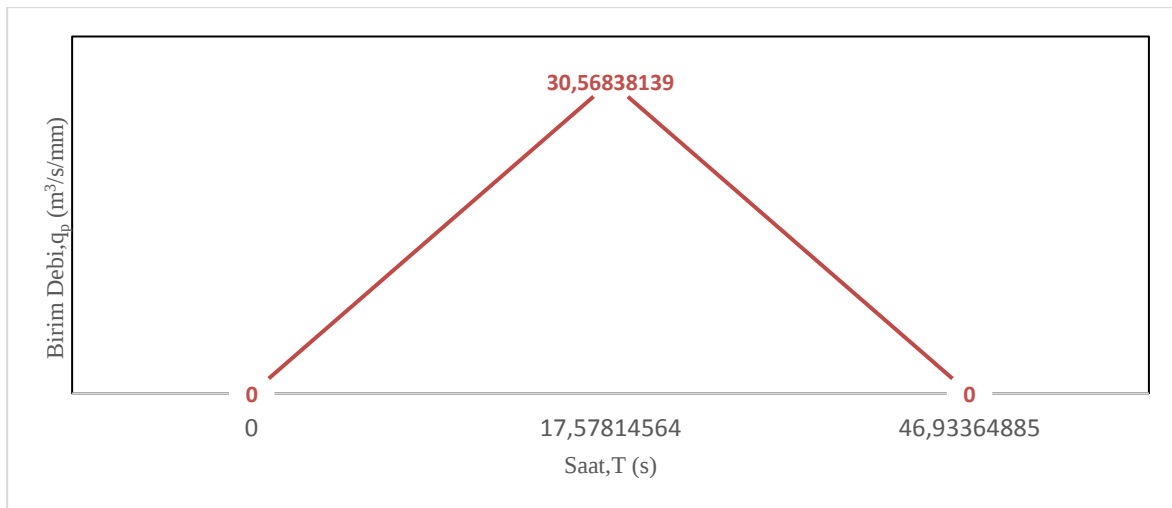
$$T_p = \sqrt{21,56} + 0,6(21,56) = 17,58 \text{ sa}$$

$$T_r = 1,67(17,58) = 29,36 \text{ sa}$$

$$T = 29,36 + 17,58 = 46,94 \text{ sa}$$

$$q_p = 0,222 \left(\frac{2420,43}{17,58} \right) = 30,56 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

Hesaplanan değerlerle birim hidrograf çizdirilir. Birim hidrograf Şekil 7.11'deki gibidir.



Şekil 7.11. Kars Çayı ana havzası için Mockus birim hidrografi

Tekerrürlü yağış değerleri Thiessen alanlarına göre düzenlenir. Bu işlem Çizelge 7.24'te gösterilmiştir. Her MGİ istasyonunun havzada temsil ettiği yağış alanı Kars Çayı ana havzasının drenaj alanına bölünerek boyutsuz hale getirilir. Her bir yağış verisi her bir tekerrür yılı için her istasyonun boyutsuz alan değeriyle ağırlıklı ortalaması alınarak yağış değerleri hesap edilir (Çizelge 7.25).

Çizelge 7.24. Tekerrürlü yağış değerlerinin Thiessen alanlarına göre düzenlenmesi

Thiessen Dağılımları				
İsim	N	E	Yükseklik (m)	Alan (km ²)
Bozkuş	40,6342	42,7592	2120	340,72
Kağızman	40,1533	43,1261	1349	35,85
Kars	40,6042	43,1073	1777	164,37
Kötek	40,22	43,0144	1350	195,60
Pazarcık	40,4686	43,3271	2100	202,99
Sarıkamış	40,3329	42,5983	2102	404,32
Selim	40,4625	42,7908	1860	627,64
Susuz	40,7794	43,1625	1730	1,27
Şenkaya	40,5728	42,3433	1846	1,11
Havalimanı	40,564	43,1116	1795	446,54

Çizelge 7.25. Kars Çayı ana havzası, her tekerrür yılı için Thiessen alanlarına göre düzenlenmiş ortalama yağış değerlerinin hesaplanması

A _i /A	Tekerrür Yılları ve Yağış Miktarları (mm)							
	2	5	10	25	50	100	500	1000
0,14	26,72	36,39	42,79	50,88	56,88	62,83	76,60	82,51
0,01	26,86	36,36	43,01	51,78	58,57	65,44	82,36	90,24
0,07	27,56	36,20	42,35	50,57	57,02	63,58	79,96	87,66
0,08	22,84	28,38	32,04	36,67	40,10	43,51	51,39	54,78
0,08	38,90	50,87	58,45	67,71	74,46	80,97	95,96	102,52
0,17	28,52	39,36	46,58	55,78	62,70	69,53	85,85	93,22
0,26	30,10	40,21	46,91	55,37	61,64	67,87	82,27	88,46
0,00	26,34	31,44	34,11	36,96	38,81	40,45	43,78	45,09
0,00	24,36	32,44	37,79	44,54	49,56	54,53	66,03	70,98
0,18	28,03	36,80	43,00	51,22	57,64	64,15	80,33	87,90
P _{ort} =	28,91	38,50	44,94	53,17	59,37	65,54	80,18	86,71

Düzenlenen tekerrürlü yağış değerleri plüviyograf katsayıları, yağış-alan dağılım oranları ve maksimize faktörüyle çarpılarak yeniden düzenlenir ve yağış yükseklikleri belirlenir. Kritik yağış süresi pratikte D (Suyun toplanma zamanına tekabül eden yağış süresi, sa)'den büyük ve en yakın tam sayı olarak kabul edilir fakat hesabın daha net sonuçlar vermesi için bir ara değer de seçilebilir. Eş. 7.26'dan D hesaplanmış ve kritik yağış süresi seçilmiştir.

$$D = 2 * \sqrt{21,56} = 9,29 \text{ sa olarak hesaplanmış ve } 9,5 \text{ sa seçilmiştir.}$$

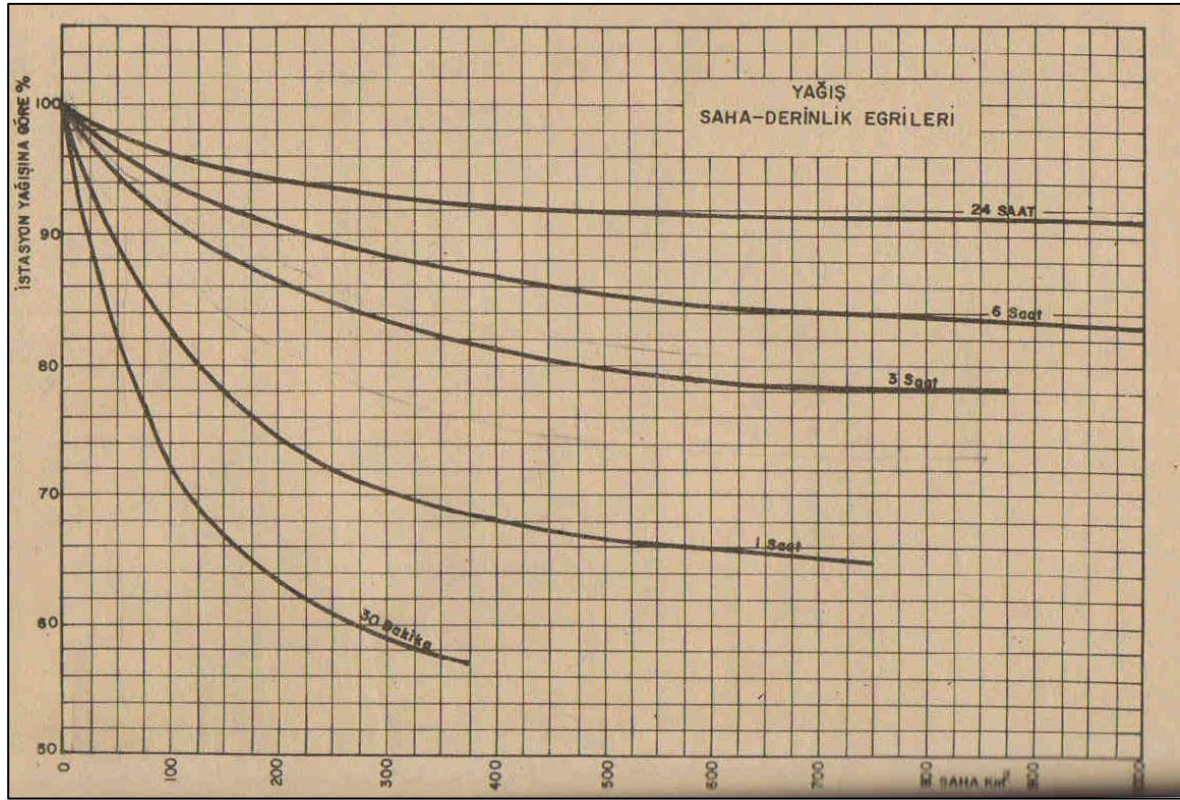
Kars MGİ düzeltilmiş plüviyograf katsayıları Çizelge 7.26'da verilmiştir.

Çizelge 7.26. Kars MGİ düzeltilmiş plüviyograf katsayıları [32]

Kars MGİ Düzeltilmiş Plüviyograf Katsayıları			
Standart Zamanlar	DAKİKA	5	0,299
		10	0,422
		15	0,505
		30	0,618
	S A A T	1	0,690
		2	0,752
		3	0,783
		4	0,814
		5	0,834
		6	0,855
		8	0,865
		12	0,927
		18	0,968
		24	1,000

Seçilen kritik yağış süresine denk gelen plüviyograf katsayısı 9,5 sa için interpolasyonla 0,888375 olarak bulunur.

Yağış-alan dağılım oranları Şekil 7.12'den okunmuştur. Maksimize faktörü ise 1,13 alınmıştır. Böylece 9,5 saatlik kritik yağış süresi dikkate alınarak düzenlenmiş son yağış yükseklikleri bulunur. Maksimize edilmiş ve düzenlenmiş yağış yükseklikleri Çizelge 7.27'de verilmiştir.



Şekil 7.12. Yağış-alan dağılım oranları [39]

Çizelge 7.27. Maksimize edilmiş ve düzeltilmiş tekerrürlü yağış yükseklikleri, mm

		Tekerrür Süreleri (yıl)							
Kritik Yağış Süreleri (saat)	9,5	2	5	10	25	50	100	500	1000
Düz.Plv.Or. (Kars)	0,88838	28,91	38,50	44,94	53,17	59,37	65,54	80,18	86,71
Yağış-Alan-Dağ.Or. (Y.A.D %)	0,84250	Maksimize edilmiş ve düzeltilmiş yağış yükseklikleri, mm							
Maksimize Faktörü, MF	1,13	2	5	10	25	50	100	500	1000
Son Çarpım	0,85	24,45	32,56	38,01	44,97	50,21	55,43	67,81	73,34

Bir sonraki işlemde ise akış yükseklikleri Eş. 7.13 ile bulunur (bunun için gerekli olan akış eğri numarası CORINE arazi üstü kullanımı envanteri kullanılarak alanları üzerinden ağırlıklı olarak hesaplanmış ve Çizelge 7.28’de sunulmuştur) ve akış yükseklikleri birim debi q_p ile çarpılarak taşkın debileri hesap edilir. Mockus yöntemine göre elde edilmiş tekerrürlü taşkın debileri Çizelge 7.29’da verilmiştir.

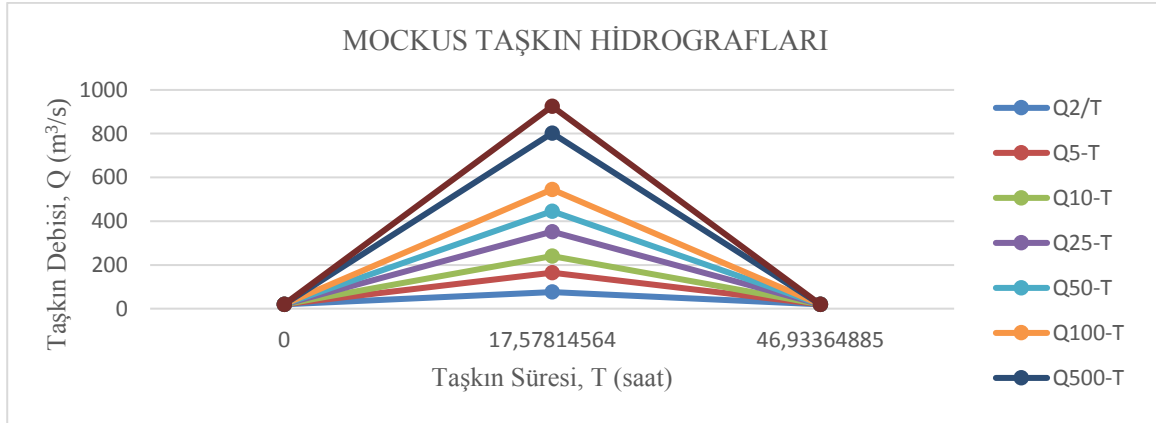
Kars Çayı ana havzası için elde edilen taşkın hidrografları ise Şekil 7.13’te verilmiştir.

Çizelge 7.28. Akış eğri numarası hesabı

CORINE Numarası	Toprak Özelliği	Eğri No	Alan (km ²)	A _i /A	Eğri No*(A _i /A)
111	Sürekli Şehir Yapısı	94	2,874	0,001	0,112
112	Kesikli Şehir Yapısı	90	41,370	0,017	1,538
121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	91	6,130	0,003	0,230
124	Havaalanları	95	2,847	0,001	0,112
131	Maden Çıkarım Sahaları	87	4,187	0,002	0,150
133	İnşaat Sahaları	91	0,586	0,000	0,022
211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	81	465,280	0,192	15,571
212	Sulanan Alan	78	619,519	0,256	19,964
231	Meralar	81	526,421	0,217	17,617
242	Sulanmayan Karışık Tarım	82	47,160	0,019	1,598
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanl.	84	147,727	0,061	5,127
312	İğne Yapraklı Ormanlar	70	97,471	0,040	2,819
313	Karışık Ormanlar	71	4,194	0,002	0,123
321	Doğal Çayırliklar	78	347,509	0,144	11,199
324	Bitki Değişim Alanları	80	23,740	0,010	0,785
331	Sahil,Kumsal,Kumluk	96	4,648	0,002	0,184
332	Çıplak Kaya	100	2,193	0,001	0,091
333	Seyrek Bitki Alanları	75	69,893	0,029	2,166
411	Bataklıklar	70	5,152	0,002	0,149
512	Su Kütleleri	98	1,549	0,001	0,063
Eğri Numarası Hesabı			Toplam =	1	80

Çizelge 7.29. Ana havza için Mockus tekerrürlü taşkın debileri

Tekerrür Süreleri (yıl)	h _y (mm)	h _a (mm)	q _p (m ³ /s/mm)	Q (m ³ /s)	Q+BA (m ³ /s)
2	24,448	1,834	30,568	56,064	75,784
5	32,563	4,733	30,568	144,670	164,390
10	38,009	7,213	30,568	220,482	240,202
25	44,969	10,873	30,568	332,374	352,094
50	50,209	13,929	30,568	425,780	445,500
100	55,427	17,186	30,568	525,336	545,056
500	67,812	25,607	30,568	782,766	802,486
1000	73,337	29,619	30,568	905,403	925,123



Şekil 7.13. Kars Çayı ana havzası için Mockus taşkın hidrografları

Snyder yöntemi

Sentetik birim hidrograf bulma metotlarından birisi de Snyder (1938) tarafından önerilmiştir. Snyder A.B.D.'de Appalaş dağlarının bulunduğu yüksek yerlerde alanları 26 ile 26.000 km² arasında değişen havzaları incelemiş ve standart bir hidrograf belirlemiştir. Hidrografi tarif etmek üzere üç parametre (taban süresi, pik debi ve havza gecikmesi) kullanmıştır [31].

Snyder (1938), her havzaya özgü C_p ve C_t olarak iki havza karakteristiği öne sürmüştür. Usul [31], bu havza karakteristikleri için “Ölçüm yapılmamış bir havzada birim hidrograf bulabilmek için C_p ve C_t katsayılarına ihtiyaç vardır, ancak maalesef bilinmemektedirler. Bu katsayıların bulunmasında uygun bir yol bu havzaya hidrolojik olarak benzer ve ölçüm yapılmış olan bir havzanın katsayılarını bulup onları bu havza için kullanmaktır” demiştir.

Bu çalışmada killi veya kayalık zemin türü olarak tanımlanmış havza karakteristikleri kullanılmıştır (Çizelge 7.30).

Çizelge 7.30. Zemin cinsine göre C_t ve C_p havza karakteristikleri [39]

Zemin Cinsi	C_t	C_p
Kumlu	1,65	0,56
Balçık	1,50	0,63
Killi veya kayalık	1,35	0,69

Bu yöntemde kullanılan parametreler ve formüller aşağıdaki gibidir.

$$T_p = C_t(LL_c)^{0,3} \quad (7.31)$$

T_p =Hidrografın yükselme süresi (sa)

$$T_y = T_p/5,5 \quad (7.32)$$

T_y = Sağanak süresi (sa)

$$q_v = 276 \frac{C_p}{T_p} \quad (7.33)$$

q_v = Verim (l/s/km²/mm)

$$q_p = Aq_v 10^{-3} \quad (7.34)$$

$$T = 3 + \frac{3T_p}{24} \quad (7.35)$$

T =Hidrograf süresi (gün)

Snyder sentetik yöntemi ana havza drenaj alanı yöntem sınırları içerisinde kaldığından dolayı uygulanabilmiştir. ($26 < 2420,43 < 26\ 000$)

İlk adım olarak birim hidrografi oluşturmaya yönelik ve harmonik eğimi belirlemek üzere hidrolojik parametreler (q_v , q_p , T_y , T_p , T vb.) hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları Çizelge 7.31’de gösterilmiştir. Hesaplamalar yapılırken $C_p=0,69$, $C_t=1,35$ seçilmiştir. Bu parametreler hesaplanırken Eş. 7.31-35 kullanılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$T_p = (99,77 * 42,11)^{0,3} 1,35 = 16,49 \text{ sa}$$

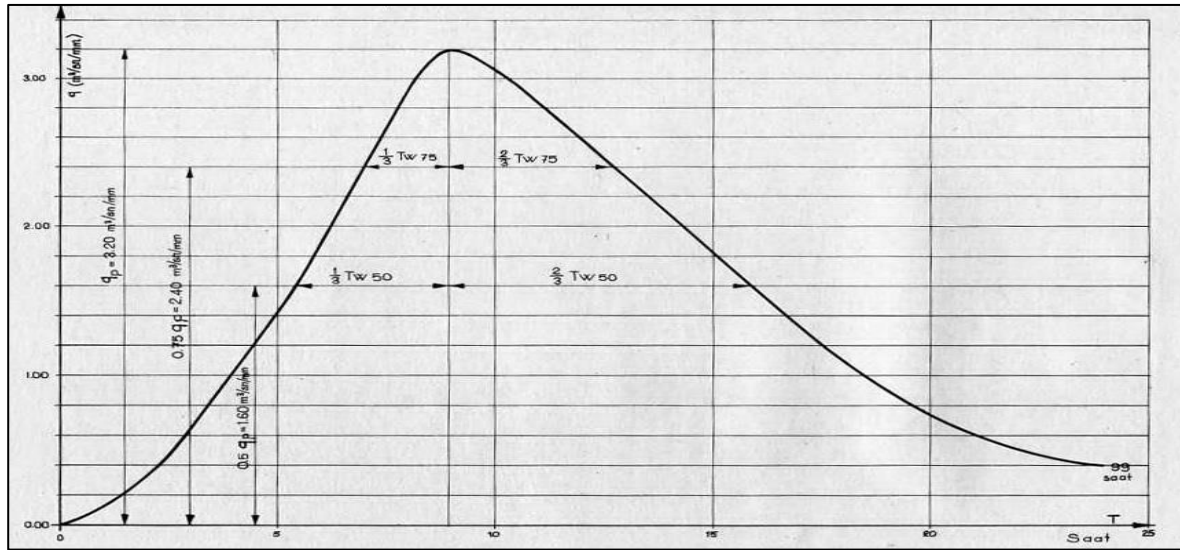
$$T_y = 16,49 / 5,5 = 2,99 \text{ sa}$$

$$T = 3 + 3 * 16,49 / 24 = 5,06 \text{ gün}$$

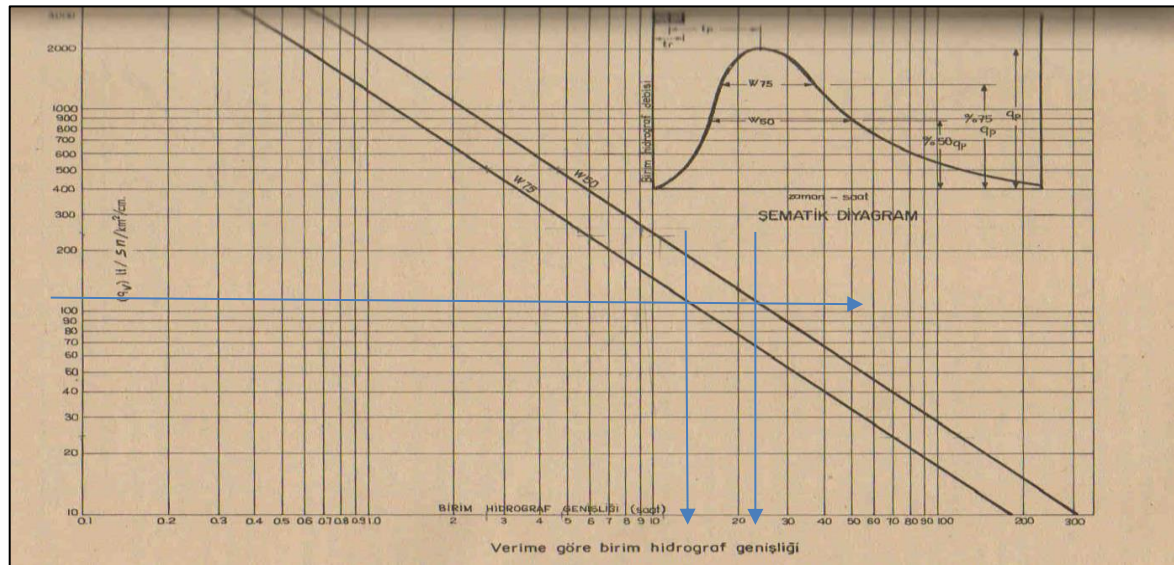
$$q_v = \frac{276 \cdot 0,69}{16,49} = 11,55 \text{ l/s.km}^2.\text{mm}$$

$$q_p = 11,55 \cdot 2420,43 \cdot 10^{-3} = 27,95 \text{ m}^3/\text{s/mm}$$

Snyder'in gözlemlerinden hareketle tanımladığı hidrografın parametreleri Şekil 7.14'te verilmiştir. Snyder tarif ettiği birim hidrograf üzerindeki genişlikler Şekil 7.15'ten okunmuştur.



Şekil 7.14. Snyder birim hidrograf parametreleri [39]

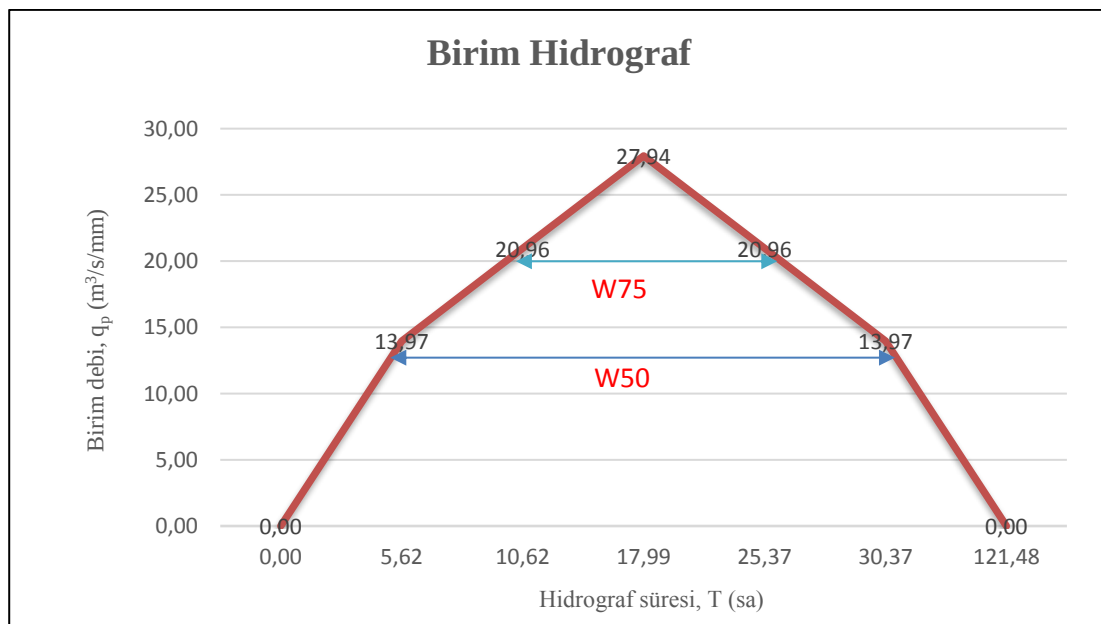


Şekil 7.15. W_{50} ve W_{75} birim hidrograf genişliklerinin okunması [39]

Çizelge 7.31. Hidrolojik parametrelerin hesabı

ANA HAVZA		ΣL_i (km)	H (kotlar, m)	q_v (l/s/km ² /mm) =	11,5453197
L_0 (km)	9977,2203	0	1743	q_p (m ³ /s/mm) =	27,94463816
L_1 (km)	9977,2203	9977,22	1752	T_y (saat) =	2,999090146
L_2 (km)	9977,2203	19954,44	1763	T_p (saat) =	16,4949958
L_3 (km)	9977,2203	29931,66	1798	L_{ca} (km) =	42,11
L_4 (km)	9977,2203	39908,88	1811	W_{75} =	14,75
L_5 (km)	9977,2203	49886,1	1836	$LL_{ca}/\sqrt{S}$ =	78545,46886
L_6 (km)	9977,2203	59863,32	1865		
L_7 (km)	9977,2203	69840,54	1911	C_t =	1,35
L_8 (km)	9977,2203	79817,76	2047	C_p =	0,69
L_9 (km)	9977,2203	89794,98	2139	T (gün) =	5,061874476
L_{10} (km)	9977,2203	99772,2	2360	W_{50} =	24,75
L_{toplam} (km)	99772,203	H. Alanı (km ²)		Eğri Numarası =	80
L_i (km)	9977,2203	2420,43			

Eğri numarası hesabı Çizelge 7.28’de Mockus hesabında verildiği gibi hesaplanmıştır. Sonraki adımda harmonik eğim yine Mockus hesabındaki gibi hesaplanmıştır (Çizelge 7.23). Kars Çayı ana havzası için Snyder birim hidrografi Şekil 7.16’da verilmiştir.



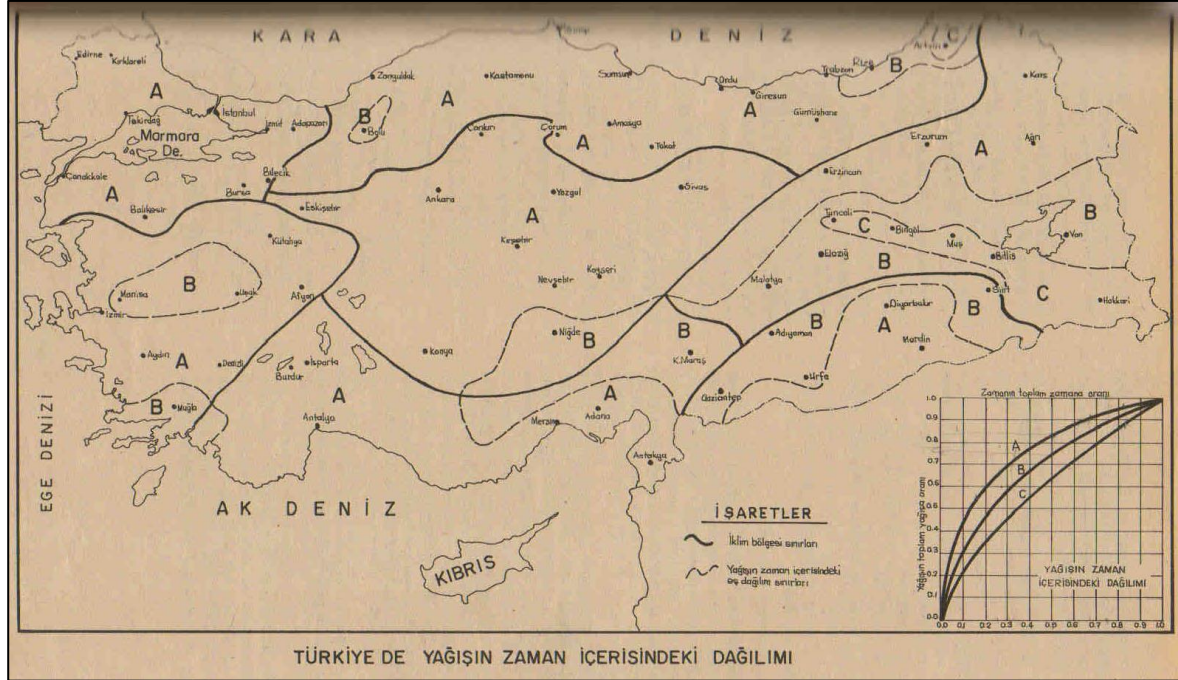
Şekil 7.16. Kars Çayı ana havzası için Snyder birim hidrografi

Bulunan birim hidrograf değerleri üzerinden her 4 saate denk gelen debiler hesap edilerek 4'er saat aralıklı birim hidrograf düzenlenmiştir. Sonrasında Sentetik hesabında anlatıldığı gibi birim hidrograf 2'şer saat ötelenerek istenilen tekerrür yılı için istenen yağış saatine uygun hidrograf değerleri bulunur ve en yüksek değerler kendi tekerrür yılları için taşkın debisi olarak seçilir. 2 yıl tekerrürlü taşkın debisi için 4 ve 6 saatlik yağış için iki saatlik birim hidrografın 2'şer saat ötelenmiş hali Çizelge 7.32'de verilmiştir.

Çizelge 7.32. BH₂'den BH₄ VE BH₆'nın oluşturulması

2 yıl tekerrürlü için;								
Yağış Süreleri		4 saat süreli		6 saat süreli				
Saatler		2,00	4,00	2,00		4,00	6,00	
Zamanın Toplam Zamana Oranı		0,50	1,00	0,33		0,67	1,00	
Yağışın Toplam Yağışa Oranı		0,83	1,00	0,72		0,91	1,00	
h _y (mm)		17,18	20,70	16,44		20,77	22,83	
h _a (mm)		0,30	0,90	0,21		0,91	1,39	
Artım Akış (mm)		0,30	0,60	0,21		0,70	0,48	
Süre (sa)	q (m ³ /s/mm)			Q (m ³ /s)				Q (m ³ /s)
0,00	0,00	0,00		0,00	0,00			0,00
4,00	9,95	2,94		2,94	2,06			2,06
8,00	19,89	5,88	0,00	5,88	4,13	0,00		4,13
12,00	22,27	6,58	5,97	12,55	4,62	6,99		11,61
16,00	26,06	7,70	11,93	19,64	5,41	13,98	0,00	19,39
20,00	26,04	7,70	13,36	21,06	5,40	15,65	4,80	25,86
24,00	22,25	6,58	15,64	22,22	4,62	18,32	9,60	32,53
28,00	18,46	5,46	15,63	21,08	3,83	18,31	10,74	32,88
32,00	13,72	4,06	13,35	17,41	2,85	15,64	12,57	31,06
36,00	13,11	3,88	11,08	14,95	2,72	12,98	12,56	28,26
40,00	12,50	3,69	8,23	11,93	2,59	9,65	10,73	22,98
44,00	11,88	3,51	7,87	11,38	2,47	9,22	8,91	20,59
48,00	11,27	3,33	7,50	10,83	2,34	8,78	6,62	17,74
52,00	10,66	3,15	7,13	10,28	2,21	8,35	6,32	16,89
56,00	10,04	2,97	6,76	9,73	2,08	7,92	6,03	16,03
60,00	9,43	2,79	6,39	9,18	1,96	7,49	5,73	15,18
64,00	8,82	2,61	6,03	8,63	1,83	7,06	5,44	14,33
68,00	8,20	2,43	5,66	8,08	1,70	6,63	5,14	13,47
72,00	7,59	2,24	5,29	7,53	1,58	6,20	4,84	12,62
76,00	6,98	2,06	4,92	6,98	1,45	5,77	4,55	11,76
80,00	6,36	1,88	4,55	6,43	1,32	5,33	4,25	10,91
84,00	5,75	1,70	4,19	5,89	1,19	4,90	3,96	10,05
88,00	5,13	1,52	3,82	5,34	1,07	4,47	3,66	9,20
92,00	4,52	1,34	3,45	4,79	0,94	4,04	3,37	8,34
96,00	3,91	1,16	3,08	4,24	0,81	3,61	3,07	7,49
100,00	3,29	0,97	2,71	3,69	0,68	3,18	2,77	6,64
104,00	2,68	0,79	2,35	3,14	0,56	2,75	2,48	5,78
108,00	2,07	0,61	1,98	2,59	0,43	2,32	2,18	4,93
112,00	1,45	0,43	1,61	2,04	0,30	1,88	1,89	4,07
116,00	0,84	0,25	1,24	1,49	0,17	1,45	1,59	3,22
120,00	0,23	0,07	0,87	0,94	0,05	1,02	1,29	2,36
121,48	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,59	1,00	1,59
		0,00	0,14	0,14	0,00	0,16	0,70	0,86
			0,00	0,00		0,00	0,41	0,41
			0,00	0,00		0,00	0,11	0,11
						0,00	0,00	0,00

Çizelgede “Yağışın toplam yağışa oranı” değeri Şekil 7.17’den okunmuştur. Yağış yüksekliği değeri Mockus yönteminde anlatıldığı gibi, akış yüksekliği değeri ise Sentetik hesabında anlatıldığı gibi Eş. 7.14’den bulunmuştur. Kars Çayı ana havzası için Snyder sentetik yöntemiyle hesaplanmış tekerrürlü taşkın değerleri Çizelge 7.33’de verilmiştir.

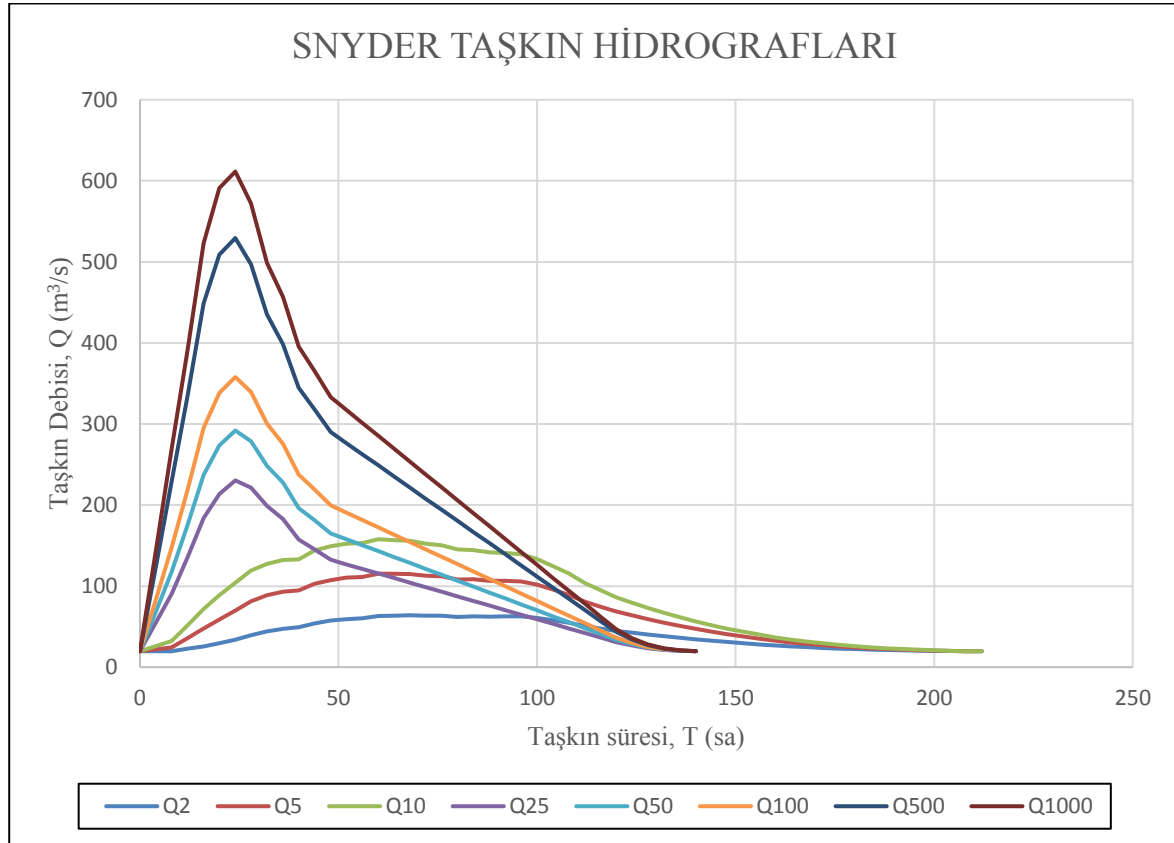


Şekil 7.17. Yağışın zaman içerisindeki dağılımı grafiği [39]

Çizelge 7.33. Kars Çayı ana havzası için Snyder sentetik yöntemi tekerrürlü taşkın debisi sonuçları

Tekerrür Süreleri (yıl)	Etkili yağış saatleri	Q (m ³ /s)	Q+BA (m ³ /s)
2	24	44,306	64,026
5	24	95,628	115,348
10	24	138,086	157,806
25	6	210,613	230,333
50	6	272,211	291,931
100	6	338,162	357,882
500	6	509,666	529,386
1000	6	591,724	611,444

Kars Çayı ana havzası için Snyder sentetik yöntemiyle üretilmiş tekerrürlü taşkın debileri ve hidrograflar Şekil 7.18'deki gibidir.



Şekil 7.18. Kars Çayı ana havzası için Snyder tekerrürlü taşkın hidrografları

7.3.3. Ampirik yöntemler

Mc. Math yöntemi

Bu yöntem genellikle her büyüklükteki düz arazide, yüzeysel drenaj kanallarının kapasitelerinin belirlenmesinde daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Dik meyilli yamaçlardan beslenen yan derelere uygulanmamalıdır [40]. Bu çalışmada Mc. Math yöntemine ihtiva ettiği sınırlar dolayısıyla başvurulmamış olup ilgili formülasyon Eş 7.36'da verilmiştir.

$$Q = 0,0023CIS^{1/5}A^{4/5} \quad (7.36)$$

Q=Taşkın debisi (m³/s)

C=Toprak cinsi, topoğrafya ve bitki örtüsüne bağlı katsayı

I=Yağışın seçilen tekerrür süresi için, suların toplanma zamanına karşılık gelen yağış şiddeti (mm/sa)

S=Yatak eğimix1000

A=Havza drenaj alanı (ha)

Rasyonel yöntem

Bu yöntem, yeteri kadar ölçümü bulunmayan yan derelerin ve yüzeysel drenaj kanallarının kapasite hesaplarında kullanılmaktadır. Yöntem genellikle 5 km² den küçük alanlar için iyi sonuç vermektedir. Yöntem havzanın toplanma zamanına tekabül eden süre içerisinde, yağışın tüm havza üzerine üniform olarak düştüğünü varsayar. Akış katsayısı bitki örtüsüne, zeminin geçirirmliliğine ve havzanın eğimine göre 0,05 - 0,95 arasındadır (Şekil 7.19).

Bu çalışmadaki drenaj alanları yöntem sınırlarının üzerinde bulunduğu için bu yönteme başvurulmamış olup ilgili formülasyon aşağıdaki gibidir.

$$Q = \frac{CIA}{3.6} \quad (7.37)$$

Q=Debi (m³/s)

C=Drenaj sahası özelliklerine bağlı bir katsayı

I=Suların toplanma zamanına tekabül eden yağış şiddeti (mm/sa)

A=Havza drenaj alanı (km²)

$$T_c = 0,0195K^{0,77} \quad (7.38)$$

T_c= Suların toplanma süresi (dakika)

$$K = \frac{L^{3/2}}{H^{1/2}} \quad (7.39)$$

L=Su boyu (m)

H=Kot (m)

Yol Platformu Yüzeyleri İçin	C Akış Katsayıları
Yol Platformu ve Kaplanmış Alanlar	0.9
Yüksek Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha > 45^\circ$)	0.8
Düşük Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha \leq 45^\circ$)	0.5
Düzenlenmiş Düşük Eğimli Alanlar (Refüj vs.)	0.3
Küçük Kırsal Havzalar İçin	
Geçirimsiz	0.90-0.95
Dik-Çıplak	0.80-0.90
Dalgalı-Çıplak	0.60-0.80
Düz-Çıplak	0.50-0.70
Dalgalı-Çayırılık	0.40-0.65
Yaprakları Dökülen Orman	0.35-0.60
Çam Ormanı	0.25-0.50
Meyve Ağaçlıklı	0.15-0.40
Ziraat Arazisi	0.15-0.40
Kentsel Havzalar İçin	
Yoğun ve Kesintisiz Biçimde Yapılaşmış Kentsel Alan	0.80-0.90
Ticari/Kentsel Alan Yakın Yapılaşma	0.70-0.85
Kentsel Konut Alanı Sınırlı Bahçeler	0.45-0.75
Banliyöde Bahçeli Konut Alanı	0.35-0.65
Kum Tabakası Üzerinde Bütünüyle Yapılaşmış Banliyö	0.25-0.55
Park, Bahçe ve Çayırılar	0.15-0.45

Şekil 7.19. C akış katsayıları [39]

Farklı akış katsayıları ihtiva eden drenaj alanları için ağırlıklı akış katsayısı C Eş 7.40'daki gibi hesap edilir.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

(7.40)

Herhangi bir tekerrür süresi için C_T ortalama C değerinden Eş 7.41'deki gibi hesaplanır.

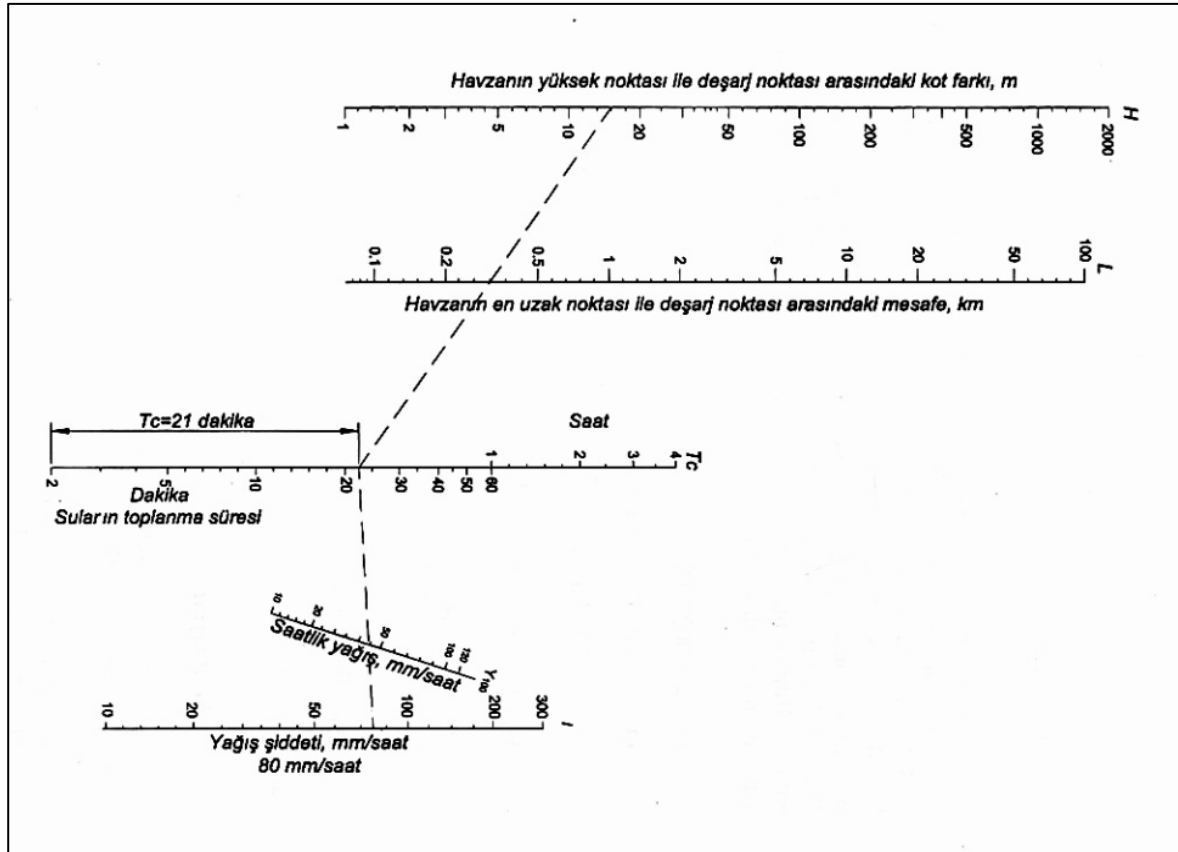
$$C_T = C(T/100)^a$$

(7.41)

T=Tekerrür süresi (yıl)

a= 0,15 ile 1,23 arasında değişen bir katsayıdır. Türkiye için genellikle a=0,19 kullanılır.

Bu yöntemde genellikle hesap adımlarındaki herhangi bir bilinmezden, eksikten, güvenilir olmayan veriden dolayı nomogramlar türetilmiştir (Şekil 7.20). Nomogram üzerinden bir yahut iki bilginin bilinmesiyle diğer tüm bilgilere ulaşılabilir.



Şekil 7.20. Rasyonel metotta kullanılabilen bir tür nomogram [39]

Ampirik Q_{500} - Q_{1000} - $Q_{10\,000}$ formülü

Sentetik birim hidrograflardan süperpozisyon yöntemiyle 500 yıl tekerrürlü akım değerleri elde edilebileceği gibi Eş 7.42'deki gibi ampirik bir formül yardımıyla da Q_{500} hesap edilir [41].

$$Q_{500} = Q_{10} + Z_{500}(Q_{100} - Q_{10}) \quad (7.42)$$

$$Z_{500}=1,692$$

Eş 7.43'teki gibi Z ampirik katsayısının değişmesiyle ise Q_{1000} hesap edilebilir.

$$Q_{1000} = Q_{10} + Z_{1000}(Q_{100} - Q_{10}) \quad (7.43)$$

$$Z_{1000}=1,99$$

Aynı şekilde Eş 7.44'teki gibi Z ampirik katsayısının değişmesiyle yine $Q_{10\ 000}$ hesap edilebilir.

$$Q_{10\ 000} = Q_{10} + Z_{10\ 000}(Q_{100} - Q_{10}) \quad (7.44)$$

$$Z_{10\ 000}=2,98$$

7.3.4. Yöntemlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Ana havza kapsamında tamamlanan hidroloji çalışmasının sonuçları karşılaştırma için Çizelge 7.34'de verilmiştir. İstatistik hesapları yapılan MGİ ve AGİ sonuçlarının DSİ sonuçları ile karşılaştırılması Çizelge 7.35'te sunulmuştur.

Bütün sonuçlara ait Q_{1000} taşkın hidrografları ise Şekil 7.21'de verilmiştir.

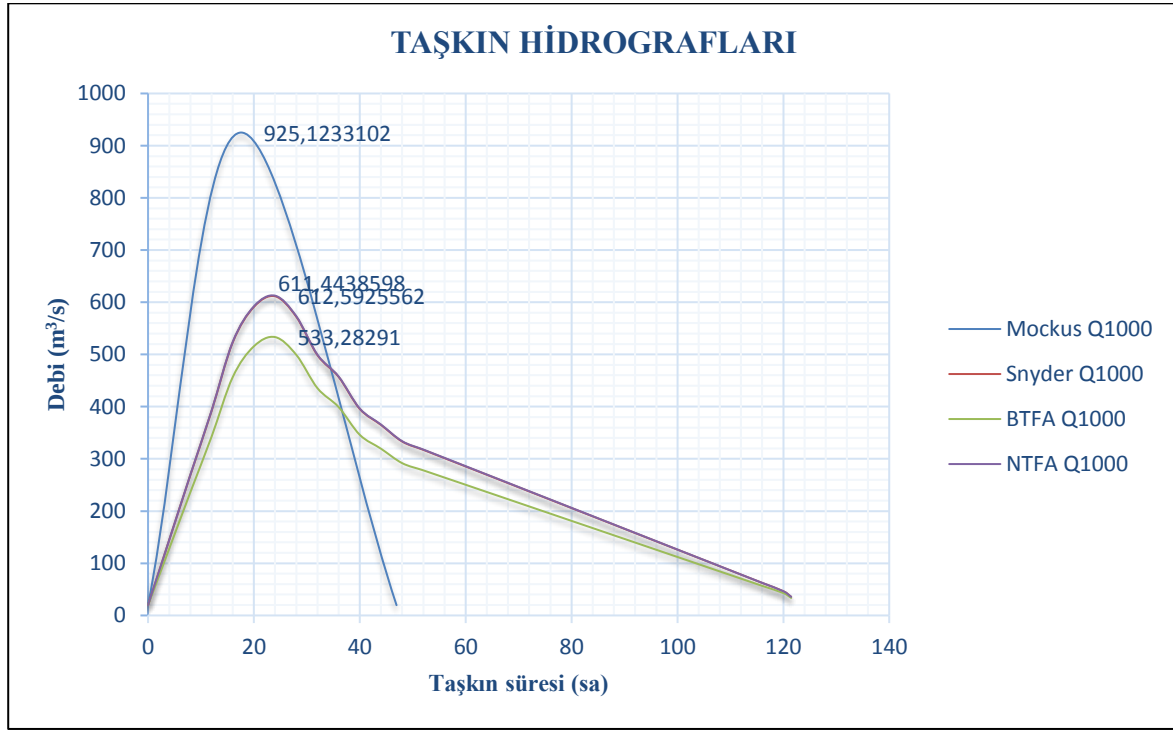
Çizelge 7.34. Kars Çayı ana havzası için farklı yöntemlerden elde edilen tekerrürlü debilerin karşılaştırılması

Yöntem	Tekerrürlü Taşkın Debileri (m ³ /s)										
	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	A-Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	A-Q ₁₀₀₀	A-Q _{10 000}
Mockus	75,78	164,39	240,20	352,09	445,50	545,06	802,49	756,01	925,12	846,86	1148,66
Snyder	64,03	115,35	157,81	230,33	291,93	357,88	529,39	496,33	611,44	555,95	754,03
BTFA	98,65	150,22	189,18	244,03	288,08	337,86	468,66	440,74	533,28	485,04	632,23
NTFA	116,98	209,24	278,21	369,07	437,50	505,81	549,09	663,32	642,20	731,14	956,47
A	Ampirik formüllerle türetilmiş debi										

Çizelge 7.35. Selim MGİ ve EİE24A009 Kars-Güvercinkaya AGİ istatistik sonuçlarının DSİ sonuçları ile karşılaştırılması

Seçilen yöntem	Selim MGİ (mm)		Seçilen yöntem	EİE24A009 AGİ (m ³ /s)	
	Bu Çalışma	DSİ		Bu Çalışma	DSİ
P ₂	G	G	Q ₂	PT3	PT3
P ₅	30,10	30,10	Q ₅	110,42	110,40
P ₁₀	40,21	40,20	Q ₁₀	215,16	215,20
P ₂₅	46,91	46,90	Q ₂₅	293,46	293,50
P ₅₀	55,37	55,40	Q ₅₀	396,62	396,60
P ₁₀₀	61,64	61,60	Q ₁₀₀	474,31	474,30
P ₅₀₀	67,87	67,90	Q ₅₀₀	551,87	551,90
P ₁₀₀₀	82,27		Q ₁₀₀₀	673,10	
	88,46			706,72	

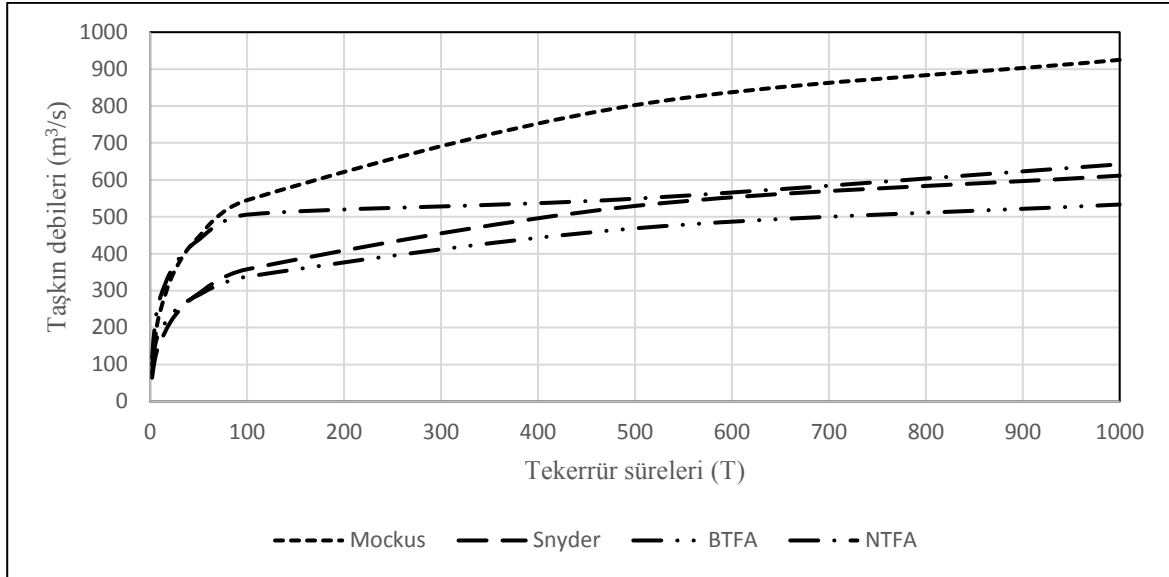
BTFA VE NTFA hesaplarının hidrograf haline getirilmesi için Snyder sentetik yöntemine ait hidrograftan yararlanılmıştır. Snyder yöntemine ait hidrograf baz akım değeri çıkarılarak baz akımsız hale getirilir ve sonra baz akımsız değerler Snyder Q_{1000} değerine bölünerek boyutsuz hidrograf değerleri elde edilir. Sonra boyutsuz hidrograf değerleri BTFA için BTFA Q_{1000} ; NTFA için NTFA Q_{1000} değerleriyle çarpılır ve sonrasında da baz akım değeri eklenerek bu iki yönteme ait taşkın hidrographları elde edilmiştir.



Şekil 7.21. Ana havza için hesaplanmış tüm taşkın hidrographları

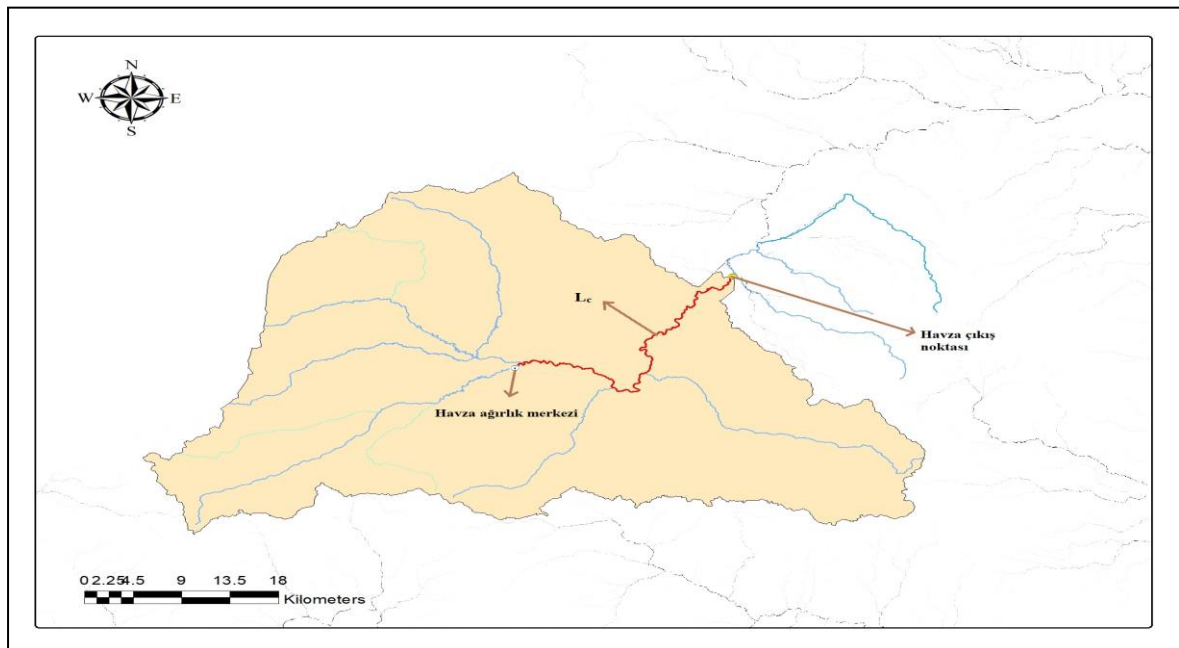
Şekil 7.21'de Snyder ve NTFA yöntemlerinin verdiği hidrographların birbirine çok benzediği görülmektedir. Bunun nedeni bu iki yöntemin pik debilerinin birbirine çok yakın olması ve NTFA taşkın hidrographının Snyder taşkın hidrographının boyutsuz hale getirilmesiyle türetilmesidir.

Tekerrür yılları dikkate alınarak taşkın debilerine göre yöntemlerin mukayesesi Şekil 7.22'de verilmiştir.



Şekil 7.22. Tekerrür yılları dikkate alınarak taşkın debilerine göre yöntemlerin mukayesesi

Hidroloji çalışmalarında çalışma alanına taşkın analizi için verilecek suyun debisi için 1D çalışma alanının membaından yeni bir çıkış noktası tanımlanmış ve çalışma alanını besleyen havza parametreleri ve taşkın debileri hesap edilmiştir. Çalışma alanını, seçilen çıkış noktasını ve oluşturulan yeni havza Şekil 7.23'te verilmiştir. Oluşturulan yeni havzaya ait parametreler Çizelge 7.36'da; tekerrürlü taşkın debileri ise Çizelge 7.37'de verilmiştir.



Şekil 7.23. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havza

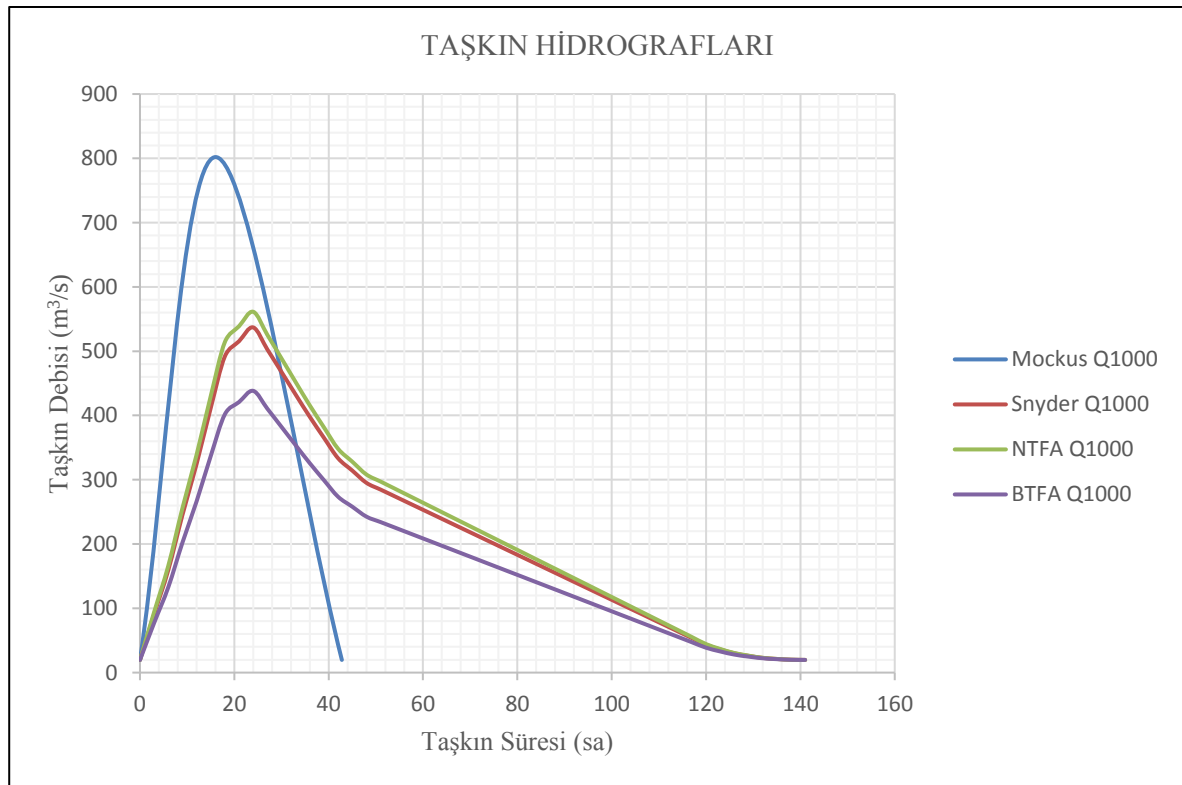
Çizelge 7.36. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın parametreleri

Drenaj alanı (km ²)	L (km)	L _c (km)	Akış eğri no	Harmonik eğim
1964,39	92,2	43,49	80	0,003226754

Çizelge 7.37. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın tekerrürlü taşkın debileri

Yöntem	Tekerrürlü Taşkın Debileri (m ³ /s)										
	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{10 000}
Mockus	66,38	143,55	209,73	307,28	388,48	474,93	697,02	658,45	801,93	737,48	1000,03
Snyder	58,98	106,99	145,69	208,31	262,21	319,63	467,24	440,00	536,99	491,83	664,04
BTFA	87,88	133,03	166,61	212,99	249,46	290,11	390,56	375,57	438,30	412,37	534,64
NTFA	104,35	184,61	244,62	323,68	383,22	442,66	561,33	579,70	535,56	638,71	834,77
Ampirik formüllerle türetilmiş taşkın yükleri											

Oluşturulan bu havzanın ise taşkın hidrografları Şekil 7.24'teki gibidir.



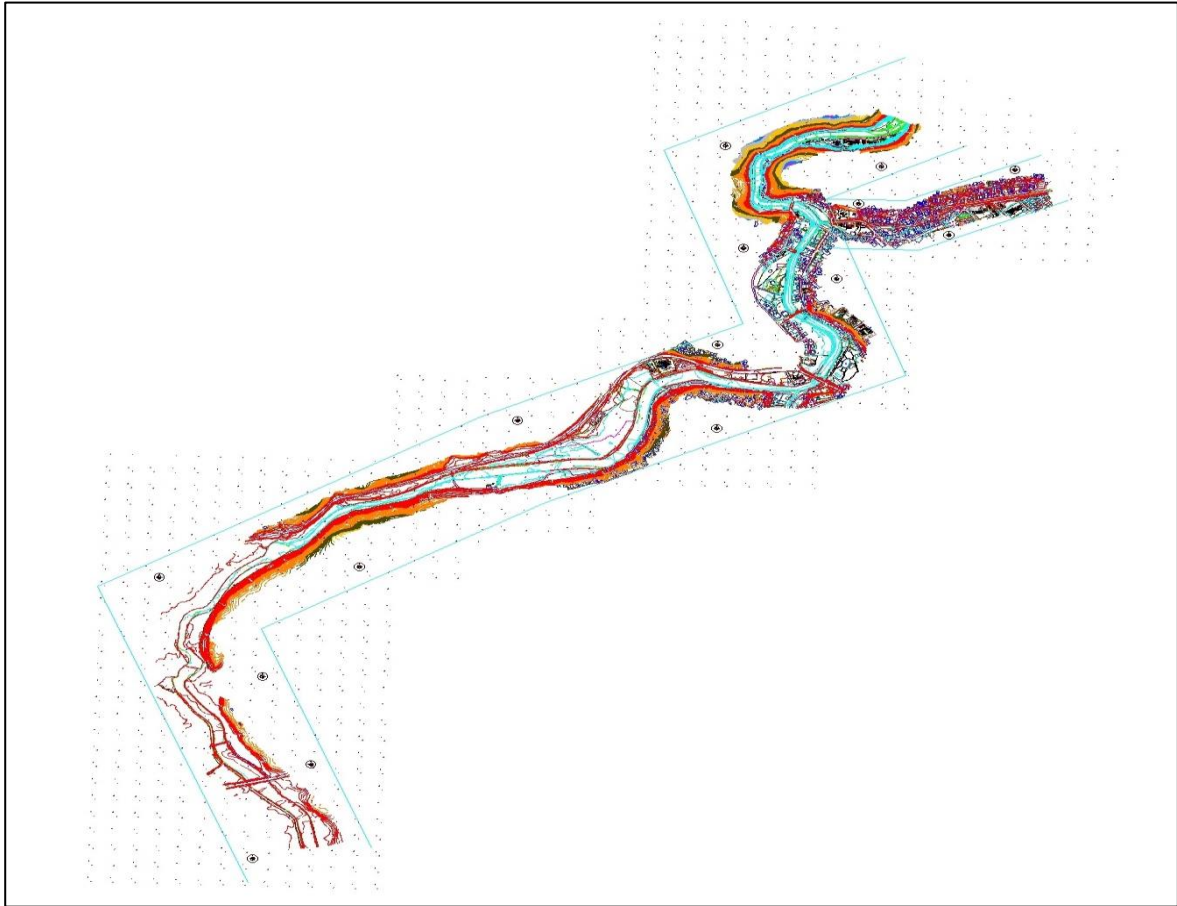
Şekil 7.24. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulmuş havzanın taşkın hidrografları

8. AUTOCAD CIVIL 3D

Akışın hangi eğimde, ne yönde ve nasıl gerçekleşeceğini bilinebilmesi için, başka bir ifadeyle akışın gerçekleşebilmesi için bir yağışa muhatap bir akış yüzeyi oluşturulması gerekmektedir. İki boyutlu şekil çizgilerinin tanımlı olan yükseklik bilgileri kullanılarak bir 3 boyutlu akış yüzeyi oluşturulmuştur. Bu akış yüzeyi TIN yöntemiyle yani en küçük üçgenler yöntemiyle oluşturulmuştur. Yüzeyin modellenmesi, TIN oluşturulması ve bu yüzey üzerindeki yapı elemanlarının belirlenmesi AutoCAD Civil 3D ile gerçekleştirilmiştir.

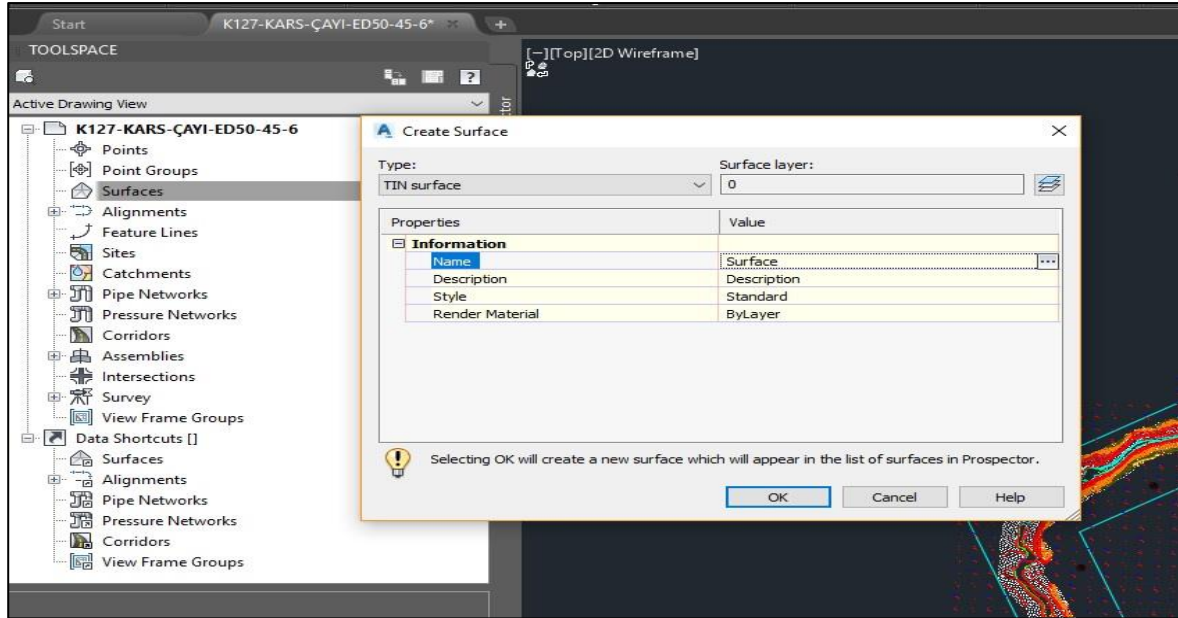
8.1. Yüzey Oluşturulması (create surface)

Akış yüzeyinin oluşturulması için DSİ 24. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiş ED50-45-6 projeksiyonunda kayıtlı 1/1000'lik harita kullanılmıştır (Şekil 8.1).

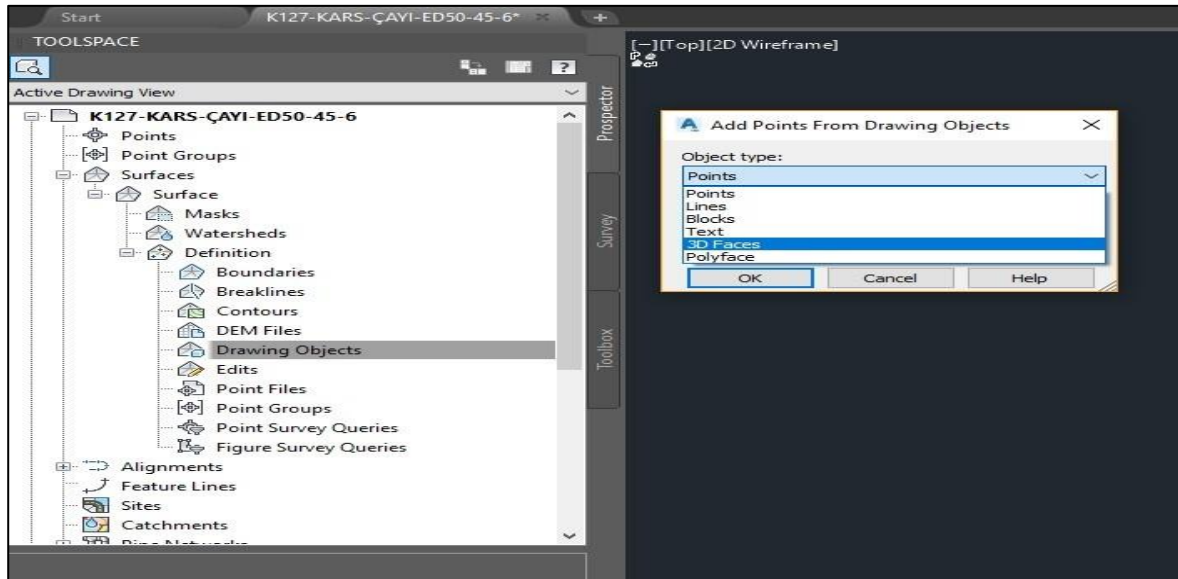


Şekil 8.1. Dijital harita (1/1000)

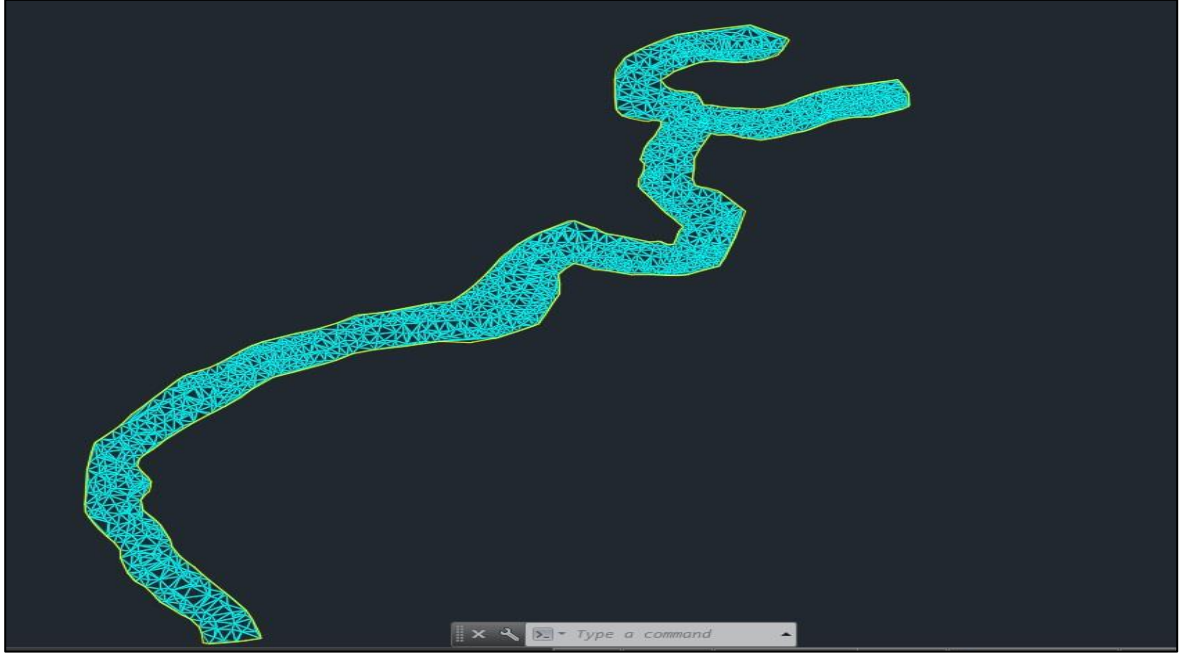
Surfaces>Create Surface komutuyla akış yüzeyi oluşturulur (Resim 8.1). Drawing Objects>3D Faces komutuyla dijital harita üzerindeki 3D yüzeyler yazılıma tanıtılır (Resim 8.2) ve 3 boyutlu bir üçgen model (TIN) oluşturulur (Resim 8.3).



Resim 8.1. Create Surface komutuyla yüzey oluşturulması

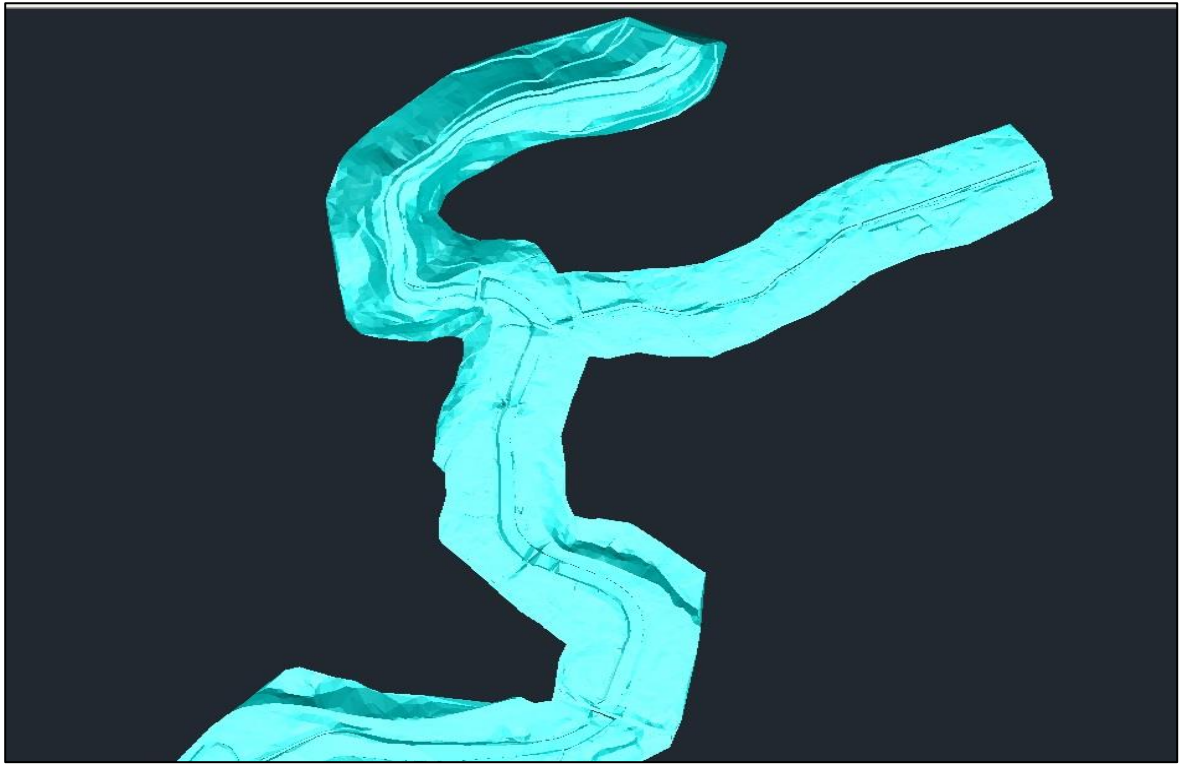


Resim 8.2. Drawing Objects>3D Faces komutuyla 3D alanların tanıtılması



Resim 8.3. Üçgen modelin oluşturulması (TIN)

Oluşturulan 3D akış yüzeyi Resim 8.4'te gösterildiği gibidir.



Resim 8.4. Objectviewer komutuyla oluşturulan TIN modelinin 3D görünümü (mansap ve Bayrampaşa deresi)

8.2. Talveg Güzergâhının Oluşturulması (create alignment)

Oluşturulan yüzey üzerinde Create Alignment komutuyla bir talveg güzergâhı oluşturulur. Bu işlem yapılırken yazılım, güzergâhı direkt çizme yahut çizilmiş bir çoklu çizgiyi güzergâh olarak tanıma imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada farklı bir çizim katmanında dijital harita altlığında çizilmiş çoklu çizgiler yazılıma güzergâh olarak tanıtılmıştır (Resim 8.5).



Resim 8.5. Talveg güzergâhları (ana dere ve Bayrampaşa yan kolu)

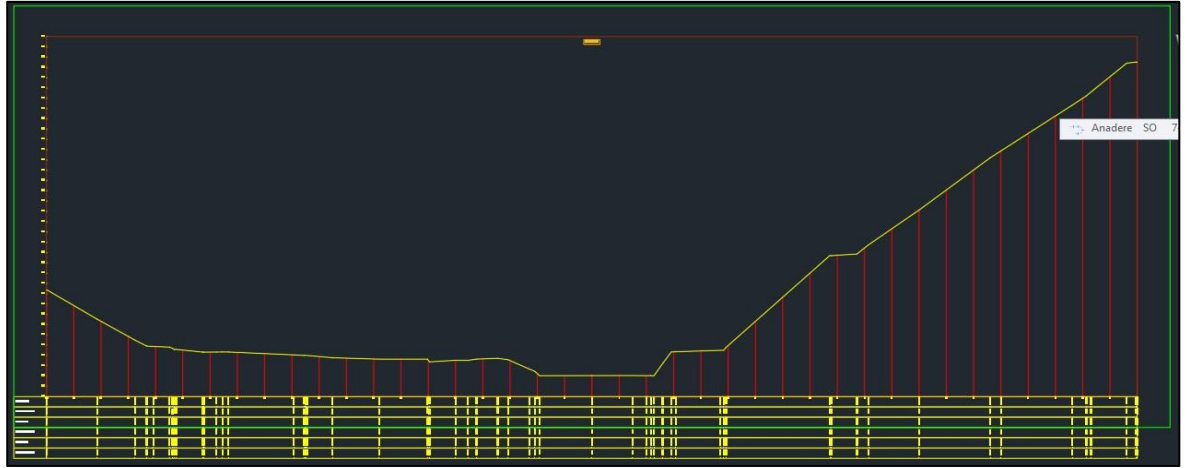
8.3. En Kesitlerin Oluşturulması (create XS)

Oluşturulan talveg güzergâhı boyunca ana derede 50 m’de bir, yan derede 40 m’de bir sol ve sağ sahillere 100 m uzaklıkları toplamda 200 m genişlikli kesitler Create XS komutuyla oluşturulmuştur (Resim 8.6).



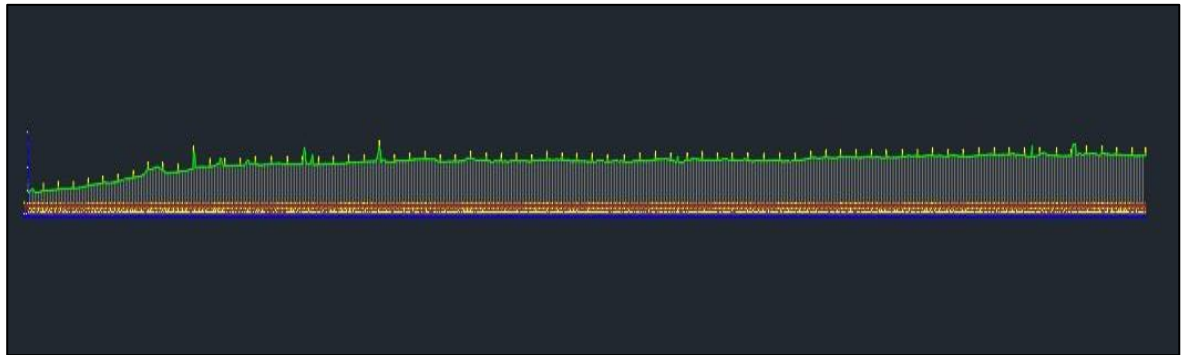
Resim 8.6. En kesitler

Kesit süreksizliği olan yerlerde ve kesitlerin çakıştığı kurp ve dike yakın açılı dönüşlerde kesitler düzeltilmiştir. Ana dere güzergâhının 0+350,00 kilometresinden bir kesit görüntüsü Resim 8.7’de verilmiştir (Diğer kesitler ve boy profilleri Ek-6’da verilmiştir).



Resim 8.7. Ana dere 0+350.000 km'den bir kesit görüntüsü

Resim 8.8'de görülen ani yükselmeler köprü yahut karayolu gibi dere yatağını enine kesen yapıların kotlarıdır.



Resim 8.8. Ana dere talveg güzergâhı yan profili

8.4. Verilerin GIS Dosyası Olarak Aktarılması

AutoCAD Civil 3D ortamında elde edilen veriler ve geometrik düzenlemeler Output>Export to HEC-RAS komutuyla GIS dosyası olarak dışa aktarılmıştır. Bu veriler HECRAS ortamında çağrılarak gerekli görülen geometrik düzenlemeler yapıldıktan sonra 1D taşkın analizi için kullanılacaktır.

9. HEC-RAS 5.0.7

HEC-RAS geometrik veri seti içeren su yapılarının modellenenebildiği, CBS ile bütünleşik çalışma imkânı sunan, 1 ve 2 boyutlu taşkın analizlerinin yapılp kanal kapasitelerinin hesap edilebildiği ve taşkın nasıl dağıldığının, yapıların hangi nicelikte taşkından etkilendiğinin görülebilmesini sağlayan bir yazılımdır.

ABD Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) Hidroloji Mühendisliği Merkezi (CEIWR-HEC), daha sonra hidrolojik mühendislik olarak bilinen teknik uzmanlığı kurumsallaştırmak için 1964 yılında kuruldu. Yazılımın ilk sürümünün geliştirildiği şirket CEIWR-HEC, Mühendislik Birimlerince USACE Sacramento Bölgesi'nde kuruldu. İlk yazılım paketleri HEC-1 (havza hidrolojisi), HEC-2 (nehir hidroliği), HEC-3 (koruma için rezervuar analizi) ve HEC-4'tür (stokastik oluşturma programı). Yazılım çalışanları mühendisler, bir yardımcı program kütüphanesi tarafından desteklenen yirmiyi aşkın ana yazılım parçası geliştirmişlerdir, GIS desteği de dâhil olmak üzere yeni eklemeler yapılmıştır.

Kayda değer yeni kazanımlar şunlardır: yeni nesil CEIWR-HEC yazılımının (HEC-RAS, HEC-HMS, HEC-FDA ve HEC-ResSim) geliştirilmesi; taşkın zararının azaltılması planlaması ve analizi için temel teknoloji olarak risk analizi oluşturulmasında liderlik sağlanmasıdır. Son olarak da USACE Civil Works su kaynakları suyu kontrol yönetimi görevinin yerine getirilmesinde 7/24 kullanılan gerçek zamanlı tahmin ve karar destek sistemi olan Corps Su Yönetim Sisteminin (CWMS) geliştirilmesi ve uygulanmasıdır [42].

Gelecek bölümlerde HEC-RAS'ın sunduğu 1D (kararlı akım verileriyle) ve 2D (kararsız akım verileriyle) taşkın analizi imkânlarıyla çalışma alanındaki kesitleri güvenilir kanal ve doğal yatak kapasiteleri belirlenmiş, kesitlerin ve kesitler arasına yerleştirilen köprü ve diğer yapıların değişik tekerrür yılları için hesaplanan taşkın debilerini hangi ölçüde geçirebildiğinin ve bahsedilen yapıların bu taşkınlardan nasıl etkilendiğinin gözlemleri yapılmış ve yatak veya kanal dışına çıkan taşkın sularının araziye nasıl dağıldığı ve ne kadar yapının taşkından etkilendiği tespit edilmiştir.

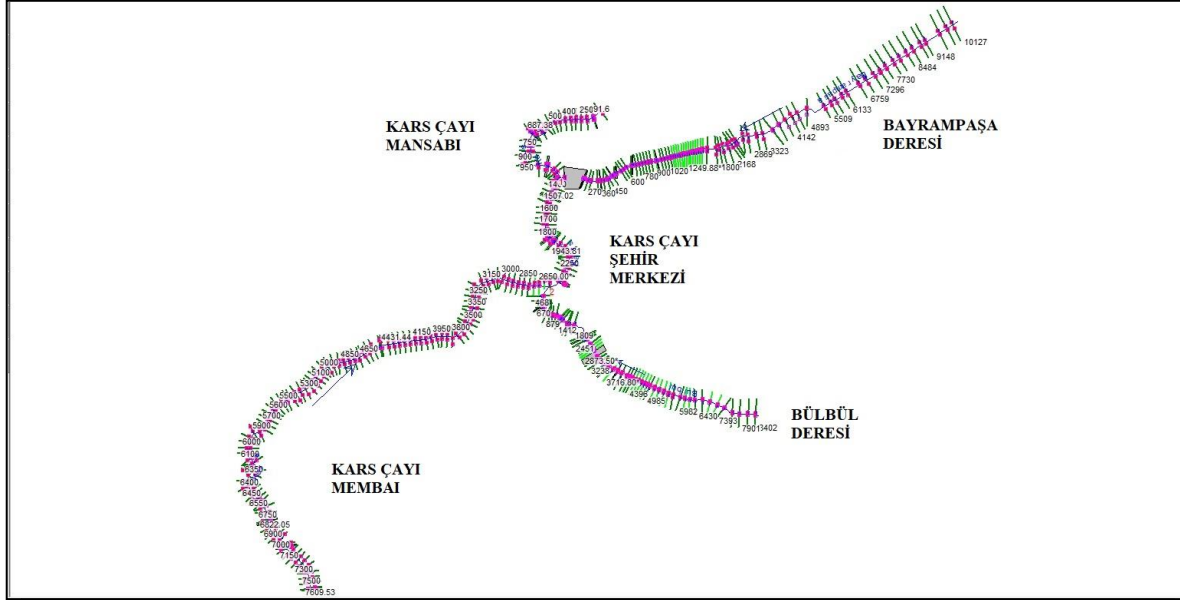
9.1. HEC-RAS 1D

AutoCAD Civil 3D ortamından dışa aktarılmış GIS dosyaları HEC-RAS ortamında çağrılarak geometri editörü arayüzüyle 1D geometrisi oluşturulur. 1D çalışmada amaç akışın hangi tekerrür yıllarında banketler dışına çıkıp yatağı terk ettiğinin tespiti ve hidrolik yapıların su yüzü profillerine ve su kotları üzerine etkisinin incelenmesidir. 1D analizin çalışma alanı ve elemanları Resim 9.1’de verilmiş olduğu üzere Kars Çayı ana su kolu, Bülbül deresi, Bayrampaşa deresi ve Karacaören deresi yan su kollarıdır.

Bülbül deresi havzası DSİ tarafından temin edilen dijital harita içerisinde bulunmadığı için yine DSİ’den temin edilmiş bülbül deresi ıslahına ait kanal rölevelerinden yararlanılarak bu kanal için de hidrolik parametreler programa tanıtılmıştır.

Karacaören deresi taşkın debileri ise hesaplara eklenmiştir fakat 1D çalışma geometrisine dâhil edilmemiştir. Çalışma alanı taşkın analizi için oluşturulan havzanın çıkış noktası Karacaören deresi’nin Kars Çayı’na bağlandığı yere denk gelmektedir. Karacaören deresi havzası oldukça düz eğimde olup, sulanabilir tarım yapılan tarla veya meralardan oluşmaktadır.

Cross Section komutuyla içe aktarılan kesitler için banket noktaları ve kesit içerisinde akımı banket noktalarına kadar banketler içerisinde çıkarmayacak Levees düzenlemeleri yapılmıştır. Üçgen model tasarımının süresiz olarak çalışması yüzünden kesit tabanında oluşan ani kot düşümü ve yükselmeleri akışın sağlıklı modellenmesi için düzenlenmiştir. Google Earth Pro üzerinden gerçekleştirilen izlenimle, DSİ’den alınan bilgilerle ve de yerinde yapılan incelemelerle kanal düzenlemesi yapılmış akarsu kesitlerinde kesit tabanları düzeltilmiştir. Manning pürüzlülük katsayıları yatak içerisinde 0,035; yatak dışında ise 0,06 alınmıştır. Yine DSİ’den elde edilen röleve bilgileriyle güzergâhlar üzerindeki hidrolik yapılar (köprü, menfez) modele Bridge/Culvert komutuyla eklenmiştir. Birleşim noktaları Junction komutuyla tanıtılmıştır. Elde edilen geometri Resim 9.1’de verilmiştir.

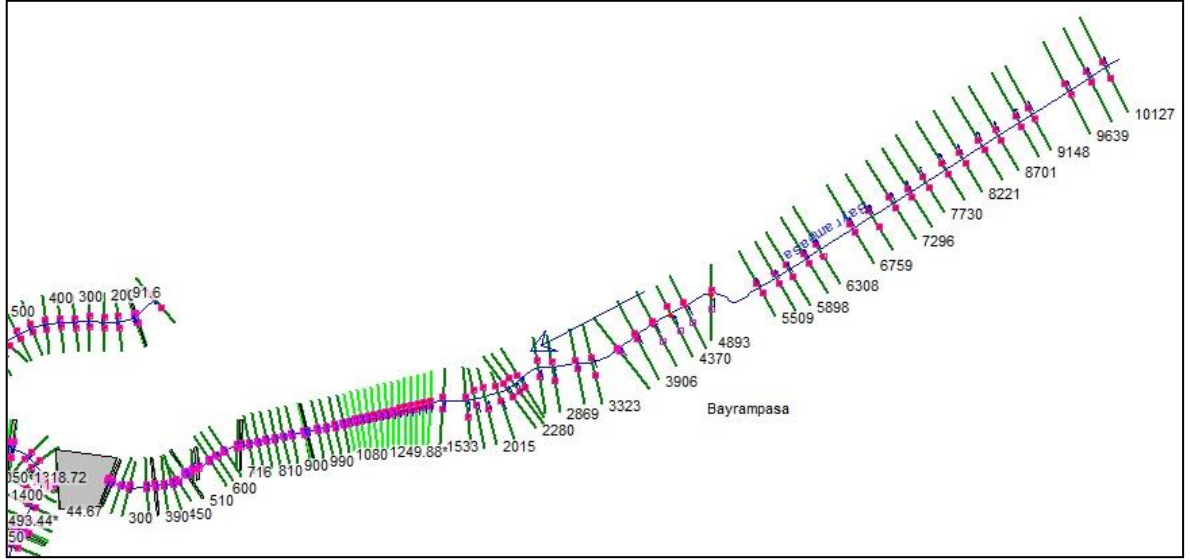


Resim 9.1. Geometri bilgisinin tanıtılması ve düzenlenmesi

Resim 9.1’de çalışma alanı içerisindeki Kars Çayı membaı (7+609,53-2+550,00 km’ler arası, 106 adet kesit), Kars Çayı’nın Kars şehir merkezinden geçtiği ıslahlı bölümü (2+550,00-1+290,00 km’ler arası, 41 adet kesit), Kars Çayı’nın şehir merkezini terk ettiği tarihi taş köprü’nün bulunduğu mansabı (1+290,00-0+000,00 km’ler arası, 32 adet kesit), Bayrampaşa (0+000,00-10+127,00 km’ler arası, 90 adet kesit) ve Bülbül (0+000,00-8+402,00 km’ler arası, 55 adet kesit) dereleri ve kesit bilgileri görülmektedir.

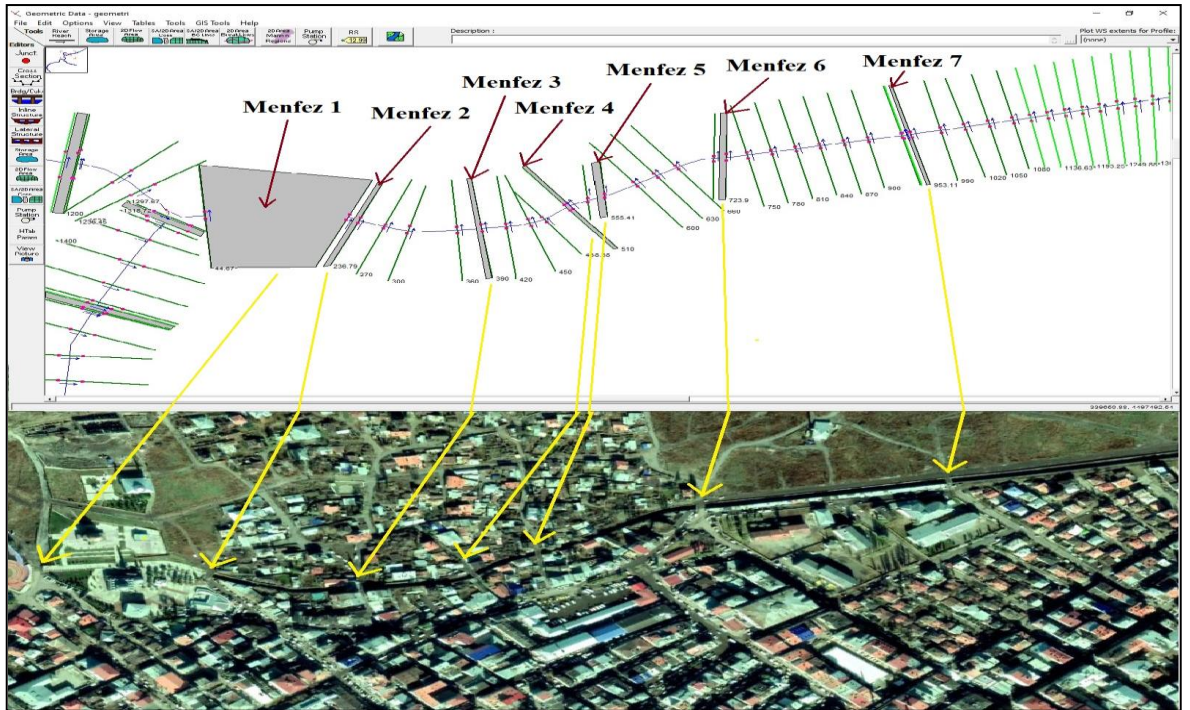
9.1.1. Bayrampaşa deresi geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları

Bayrampaşa deresinin havzası $190,84 \text{ km}^2$ ’dir. Derenin mansabında yaklaşık 2 km uzunluğunda bir ıslahlı kanal mevcuttur. Bu kanal üzerinde şehir merkezine ulaşımı sağlayan menfez yapıları bulunmaktadır. Yerleşim dereye çok yakın olmakla birlikte bazı yapılar aynı zamanda doğal kanal şev duvarı görevini yapmaktadır. Kanal yatağında bitkisellesme ve atıklar yer almaktadır. Kanal geometrisi ve menfezlerin yerleşim durumu Resim 9.2’deki gibidir.



Resim 9.2. Bayrampaşa deresi geometri bilgileri

Geometrisi Resim 9.2’de gösterilen derenin talveg uzunluğu 10+127,00 km’dir. Bayrampaşa deresi hidrolik yapılarının uydu görüntüleriyle karşılaştırılması Resim 9.3’te gösterilmiştir.



Resim 9.3. Bayrampaşa deresindeki menfezlerin uydu görüntüsünden karşılaştırılması

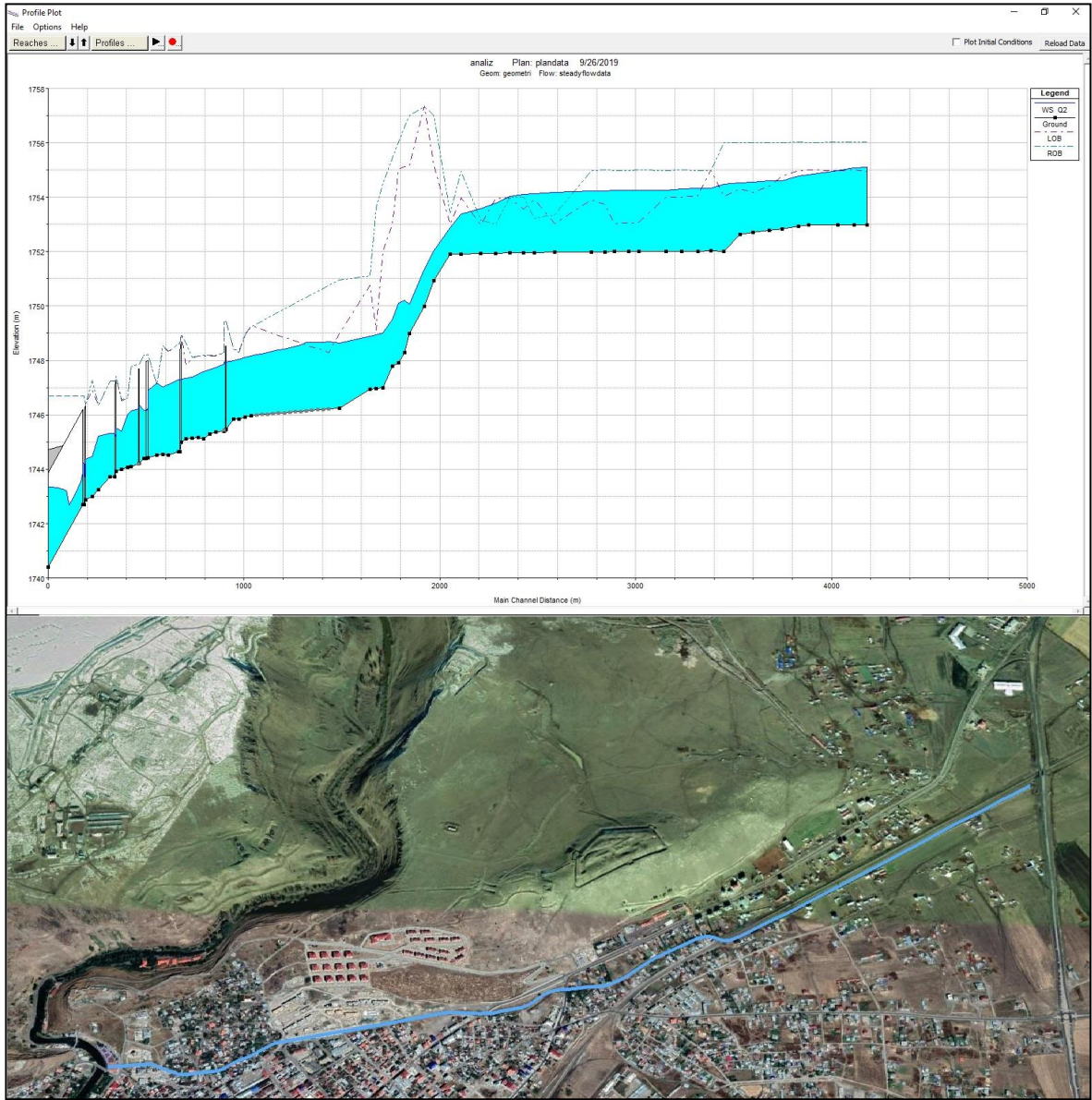
Bayrampaşa deresinin geçtiği arazi durumunu gösterir uydu görüntüsü Resim 9.4'te verilmiştir.



Resim 9.4. Bayrampaşa deresi topoğrafyası

Resim 9.4'teki uydu görüntüsünde topoğrafyanın Kars Kalesi'nden Kars Merkez'e doğru eğiminin hızla azaldığı ve Kars Merkez'de eğimin düzleştiği görülmektedir. Bu da kanalın su toplarken Kars Kalesi'nin bulunduğu bölgeden kanala doğru akışa geçen suyun meskûn bölgeden geçerek kanala girmesi gerektiği gerçeğini ortaya koyuyor. Aynı zamanda bu durum herhangi bir taşkında kanaldan dışarıya çıkacak suyun eğimden dolayı Kars Merkez'e gitme eğiliminde olup tekrar kanala giremeyeceğini de gösteriyor.

Edit>Steady Flow Data komutuyla 1D analiz yapılmıştır. Analizde farklı senaryolar çalışılmıştır. Dere üzerindeki tüm yapılar mevcut haldeyken akımın şehir merkezinden geçen kanalda taşıma kapasitesi $35 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur. Ancak Karadağ Mahallesi'nden itibaren akım tren raylarının solundaki bir drenaj kanalından geçmektedir. Bu bölgedeki arazi kotları ve kesit yetersizlikleri nedeniyle bu debi kısmen kanaldan geçebilmektedir. $35 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi Bayrampaşa deresi için çalışılan Sentetik çalışmalarda tekerrür yılı olarak 5-10 yıl arasına tekabül etmektedir. Çalışmanın boy profili Resim 9.5'te verilmiştir.



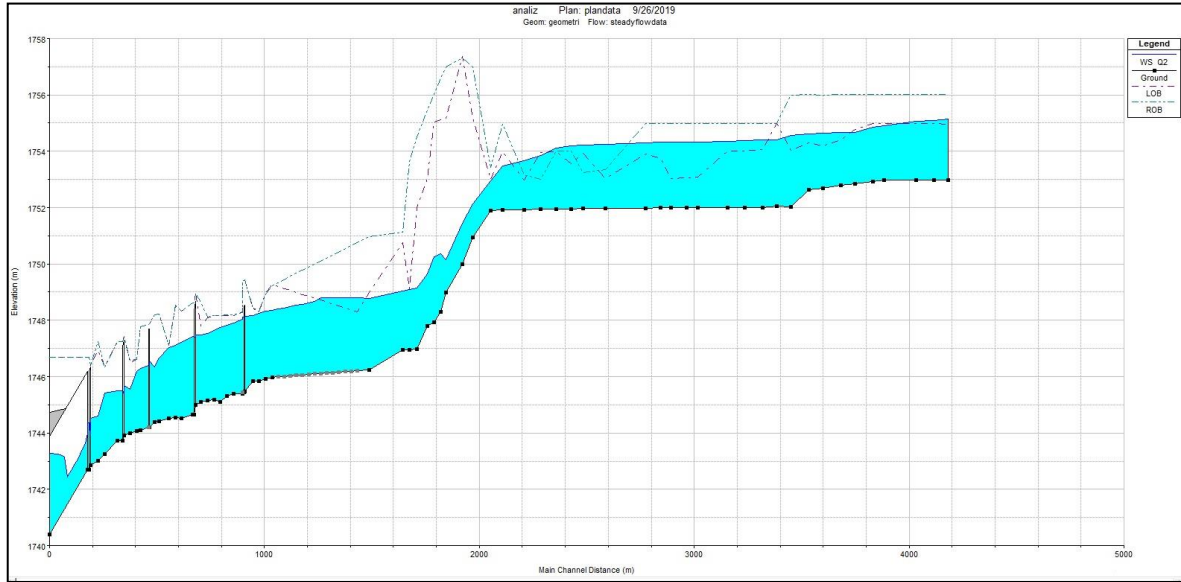
Resim 9.5. Bayrampaşa deresi taşıma kapasitesi

Boy profilde görüldüğü üzere 5 numaralı menfezin yukarısında su kabarmaktadır. Kapasitenin artırılabilirliğinin sorgulanması adına çalışılan senaryo bu menfezin kaldırılması olmuştur.

1. Senaryo (Bayrampaşa deresi üzerindeki 5 numaralı menfezin kaldırılması durumunda kanalın taşıma kapasitesinin belirlenmesi)

5 numaralı menfezin açıklığı 5,63 m olup membaındaki menfezlere göre oldukça dardır. Su bu menfezin yukarısında bundan dolayı kabarmaktadır. Bu menfezin kaldırılmasından

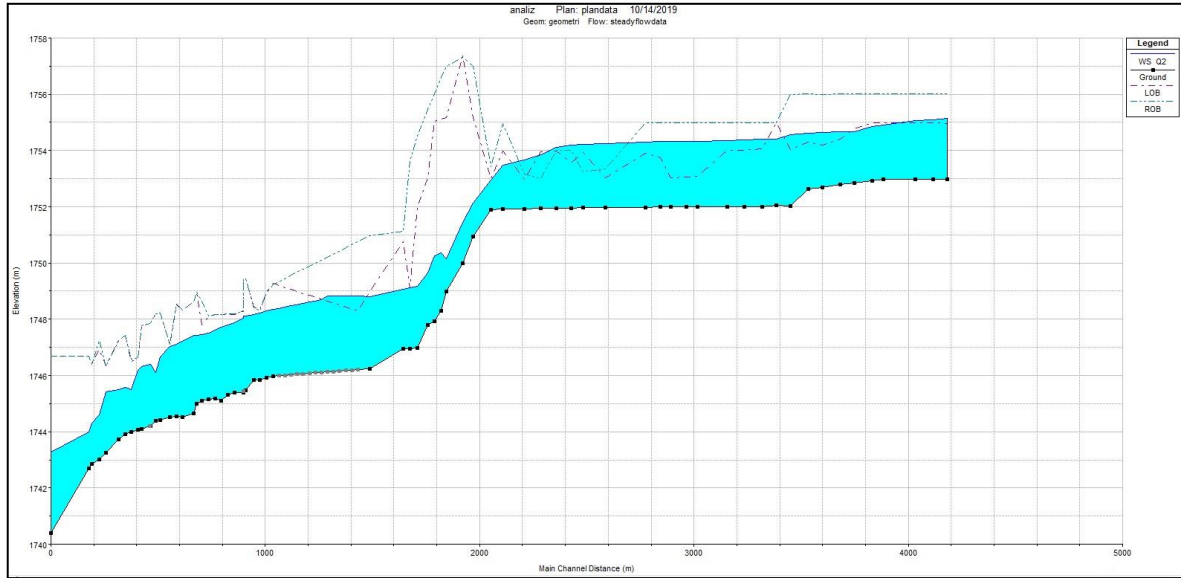
sonra kanal kapasitesi $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 'ye çıkmıştır. Bu da %14,29'luk bir kapasite artışına denk gelmektedir. Bu değer Sentetik hesaba göre yine 5-10 tekerrür yılı arasındaki bir değere tekabül etmektedir. Menfez kaldırıldıktan sonra ortaya çıkan boy profili Resim 9.6'da verilmiştir.



Resim 9.6. Bayrampaşa deresi 5 numaralı menfezin kaldırılmasıyla ortaya çıkan boy profili

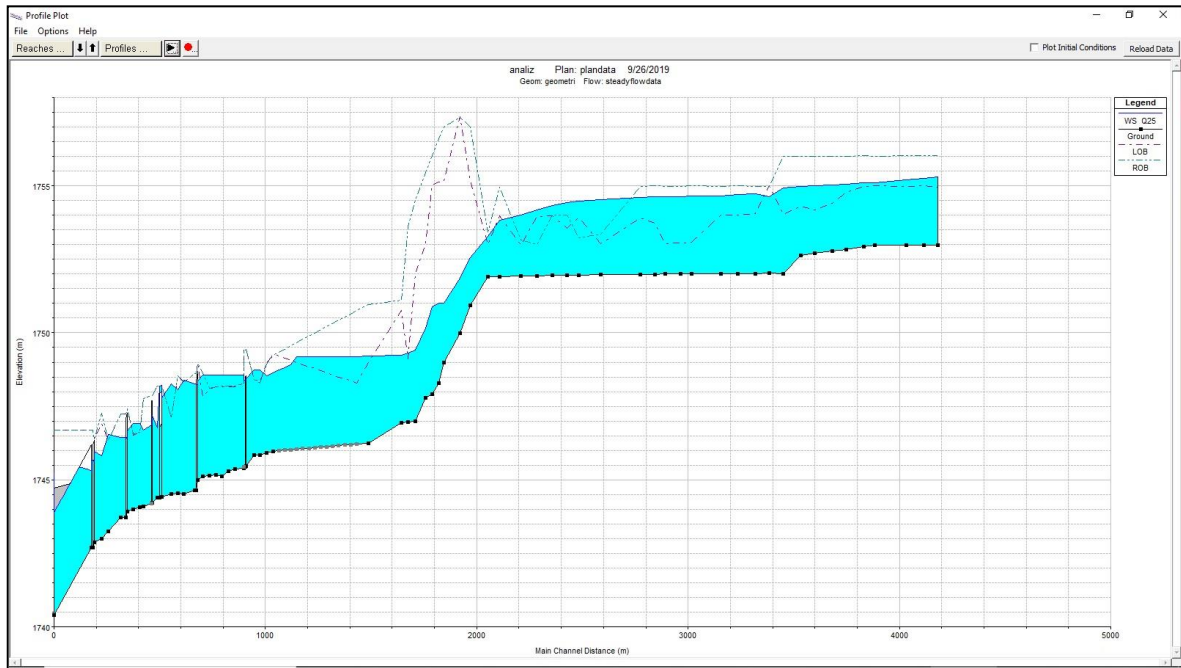
2. Senaryo (Bayrampaşa deresi üzerindeki tüm menfezlerin kaldırılması durumunda kanalın taşıma kapasitesinin belirlenmesi)

Bir diğer senaryo olarak dere üzerindeki bütün menfezlerin kaldırılması halinde kanalın taşıma kapasitesinde ne gibi bir değişikliğin olacağı çalışılmıştır. Bütün menfezlerin kaldırılması durumunda taşıma kapasitesinin $40 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu görülmüştür. Bu, dere üzerinde bütün yapılar mevcutken kanalın taşıyabildiği yükün %14,29 fazlası demektir. Bu senaryo aynı zamanda 5 numaralı menfez dışındaki yapıların akımı etkilemediğini anlatmaktadır. Bu senaryoda ortaya çıkan boy profili Resim 9.7'de verilmiştir. Bütün senaryolar ve sonuçları ise Çizelge 9.1'de sunulmuştur.

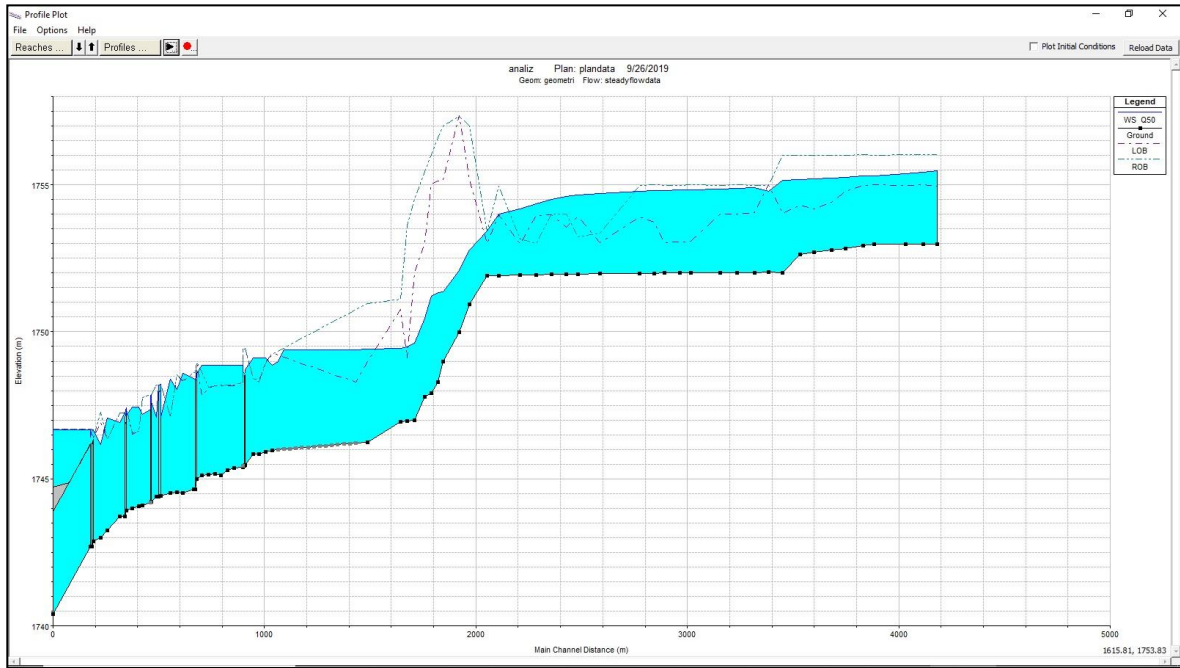


Resim 9.7. Bayrampaşa deresi üzerindeki tüm yapıların kaldırılması halinde meydana gelen boy profili

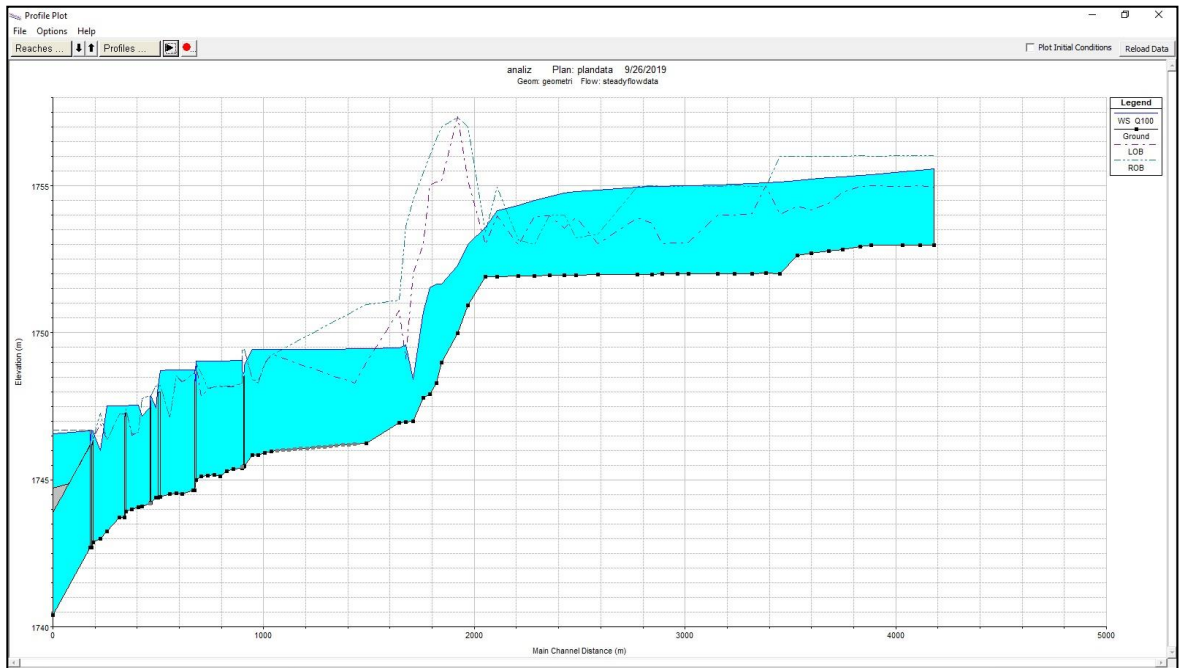
Taşıma kapasitesi belirlendikten sonra Bayrampaşa havzası için 25, 50, 100, 500, 1000 senelik tekerrür debileriyle analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan boy profilleri Resim 9.8-12’de sunulmuştur.



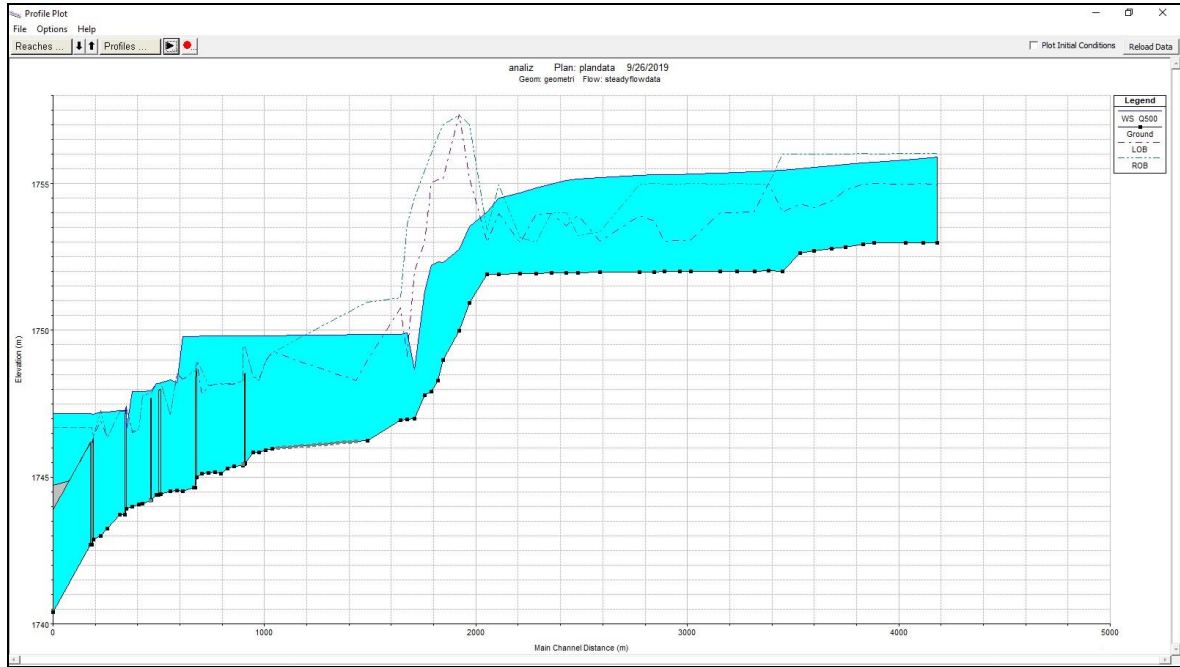
Resim 9.8. Bayrampaşa deresi Q_{25} ($66,84 \text{ m}^3/\text{s}$) 1D analizi boy profili



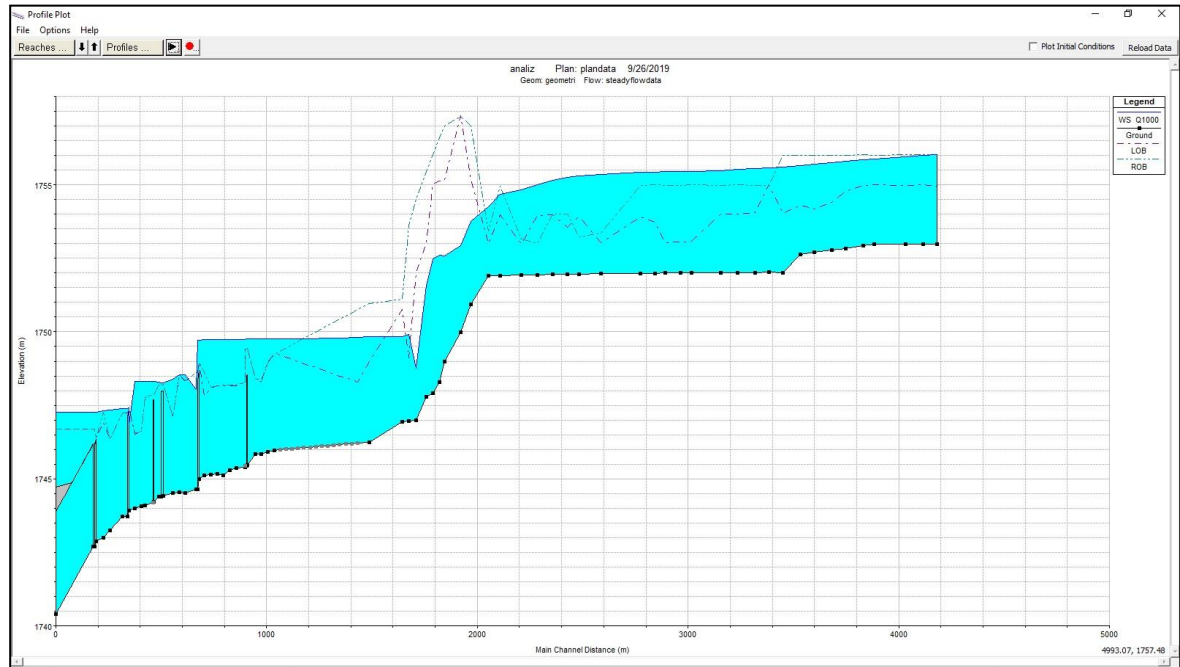
Resim 9.9. Bayrampaşa deresi Q_{50} ($84,20 \text{ m}^3/\text{s}$) 1D analizi boy profili



Resim 9.10. Bayrampaşa deresi Q_{100} ($102,76 \text{ m}^3/\text{s}$) 1D analizi boy profili



Resim 9.11. Bayrampaşa deresi Q_{500} ($151,92 \text{ m}^3/\text{s}$) 1D analizi boy profili



Resim 9.12. Bayrampaşa deresi Q_{1000} ($176,07 \text{ m}^3/\text{s}$) 1D analizi boy profili

Bayrampaşa havzası için tekerrürlü taşkın debileriyle yapılan analizde 25, 50, 100, 500, 1000 senelik debilerin taşıma kapasitesinin üzerinde olması nedeniyle kanalın bu debileri taşımadığı görülmektedir. (Bu analizde Sentetik yöntem sonuçları seçilmiştir. Mockus yönteminin hidrografi üçgen olarak tanımlaması ve yalnızca tek bir kritik yağış süresiyle

çalışması nedeniyle abartılı sonuçlar vermesinden ve BTFA yönteminde ise bölgedeki AGİ'lerin yeterli rasadının olmamasından dolayı bu yöntemler tercih edilmemiştir.)

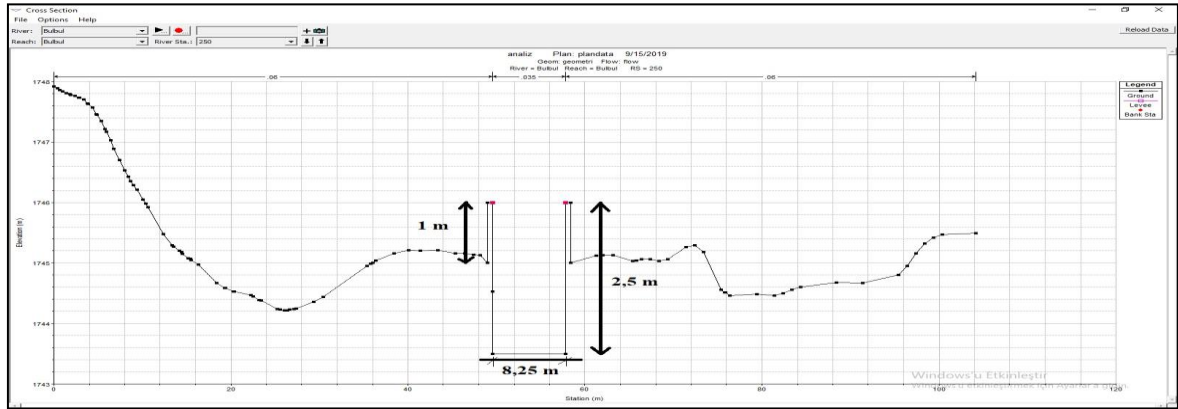
9.1.2. Bülbül deresi geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları

Bülbül deresinin ıslah çalışmaları DSİ tarafından 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Kanalın geçtiği topoğrafya düşük eğimli şehir merkezidir. Dereyi besleyen havzanın drenaj alanı 45,135 km² ve Sentetik yöneme göre 1000 yıl tekerrürlü taşkın debisi 74,69 m³/s'dir. Kanalda teşhis edilen sorun suyun sol ve sağ sahilden kanala girememesidir. Kanal şev duvarları topoğrafyadan 0,5 - 1,5 m yukarıdadır. Kanalın görüntüsü Resim 9.13'teki gibidir.



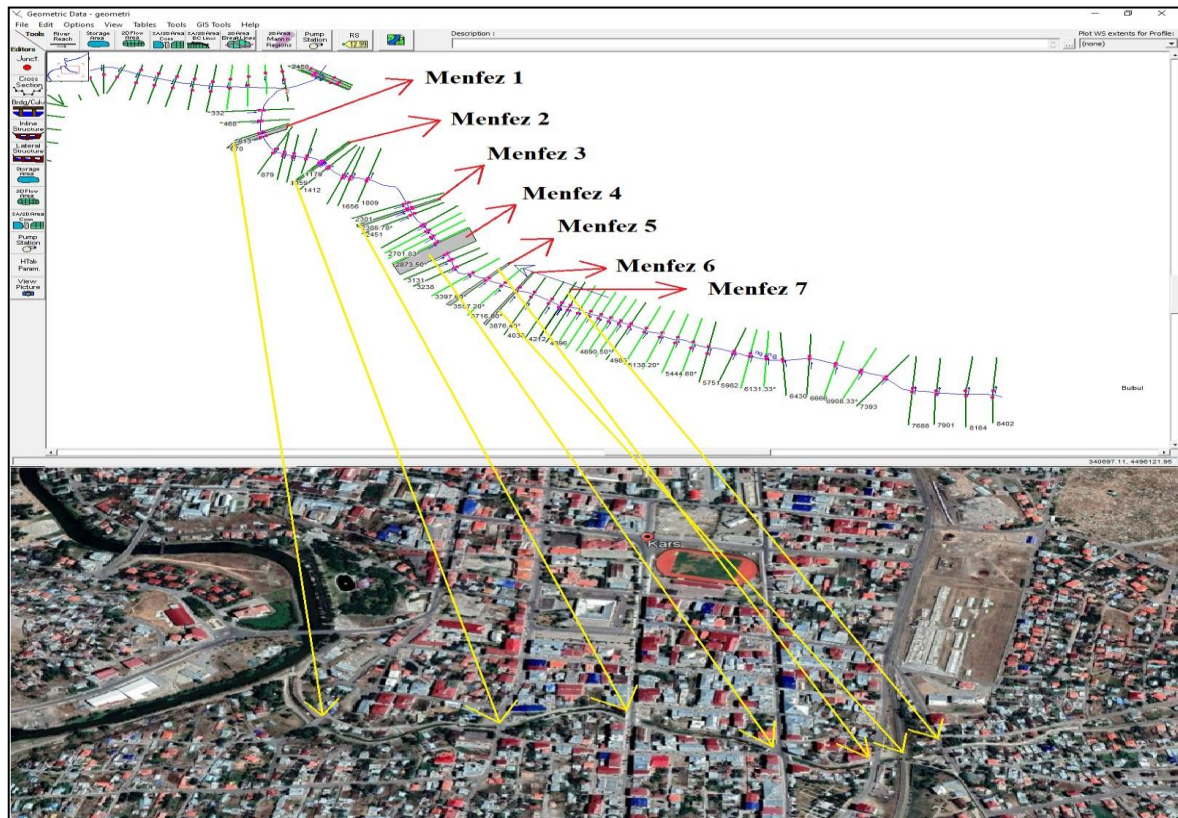
Resim 9.13. Bülbül deresi kanal şev duvarlarının durumu

Kanala ait kesitler bir SYM haritasından oluşturulan 3 boyutlu topoğrafya üzerine kanal ölçümleri işlenerek elde edilmiştir. Yerinde ölçüm yapılan kanal boyutlandırması Şekil 9.1'de verilmiştir.

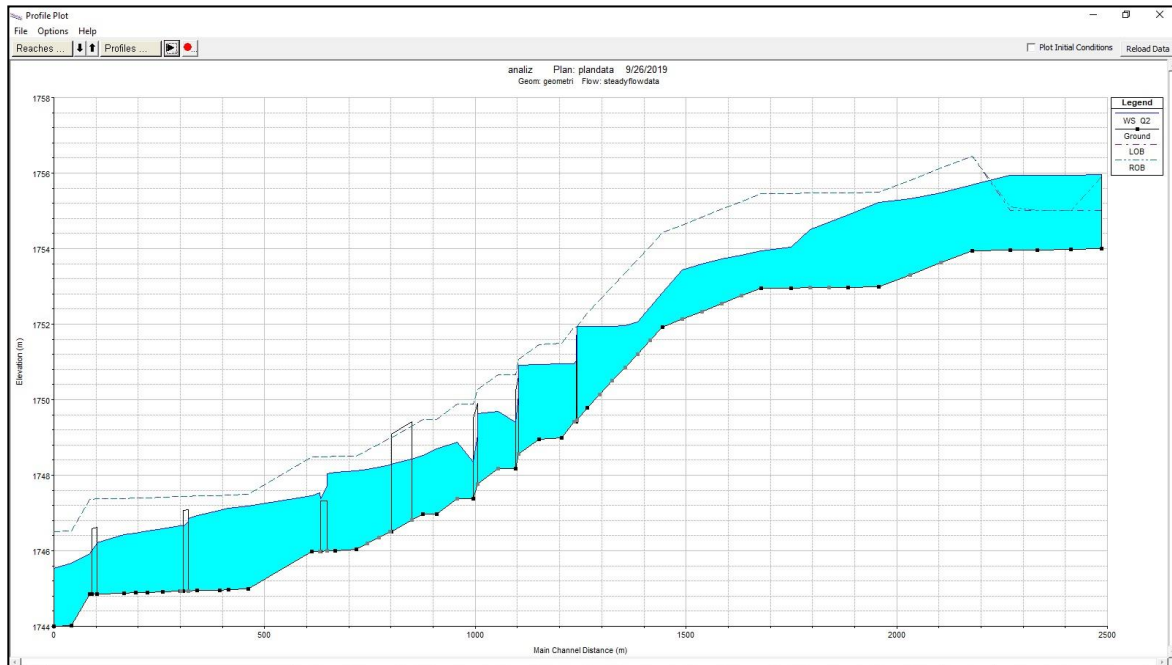


Şekil 9.1. Bülbul deresi ıslahı kanal boyutlandırması

Çalışılan kanal uzunluğu 8+402,00 km'dir. Kanalın taşıma kapasitesi 37 m³/s olarak bulunmuştur. Bu Sentetik hesaba göre 50-100 yıl tekerrür süreleri arasında bir taşkın debisi değerine tekabül etmektedir. Bu kanaldaki akım geçişleri menfezlerle düzenlenmiştir. Bu yapıların boy profilindeki ve uydu görüntüsündeki yerleşimi ve isimlendirilmesi Resim 9.14'te verilmiştir. Taşıma kapasitesi boy profili Resim 9.15'te sunulmuştur.



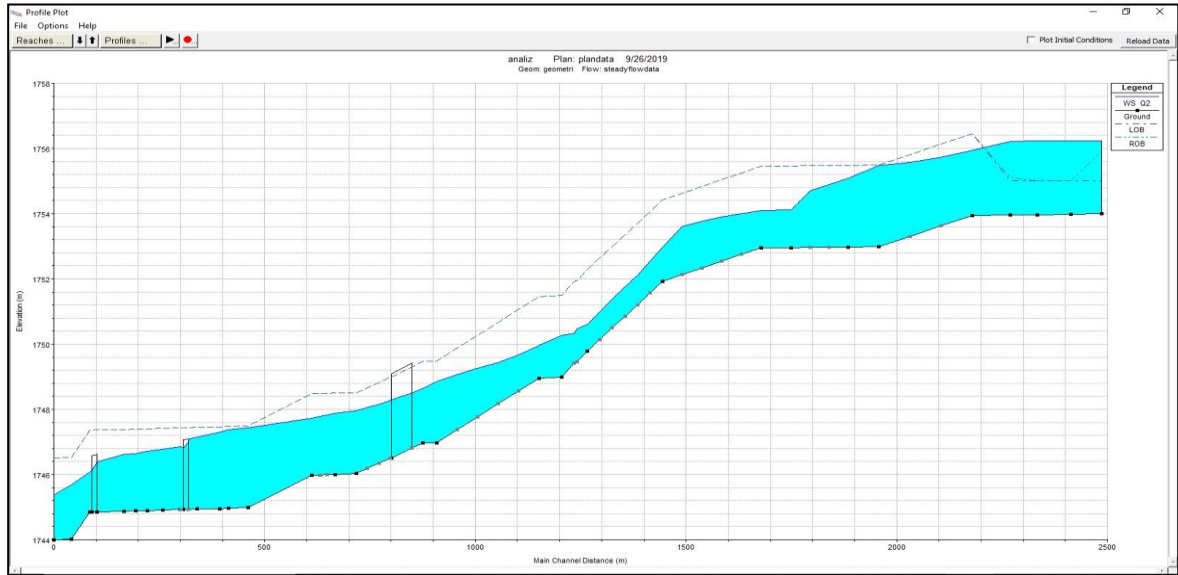
Resim 9.14. Bülbul deresi üzerindeki menfez yapıları ve uydu görüntüsüyle eşleştirilmesi



Resim 9.15. Bülbül deresi taşıma kapasitesi boy profili

Resim 9.15'te görüldüğü üzere 3 numaralı menfez akımdan etkilenmekte, 5, 6 ve 7 numaralı menfezler ise akımı membalarında suyu kabartarak kapasite açısından olumsuz etkilemektedir. Bu menfezlerin kaldırılması farklı bir senaryo olarak çalışılmıştır.

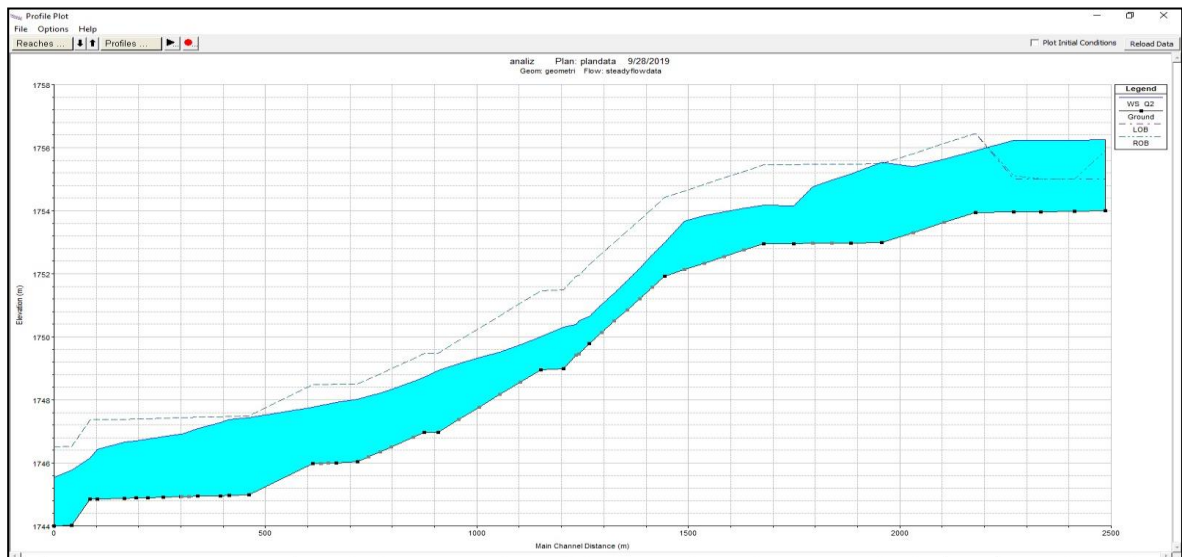
1. Senaryo (3-5-6-7 numaralı menfezlerin kaldırılması halinde meydana gelecek taşıma kapasitesi analizi)



Resim 9.16. 3-5-6-7 numaralı menfezlerin kaldırılmasıyla çalışılan analizde meydana gelen taşıma kapasitesi boy profili

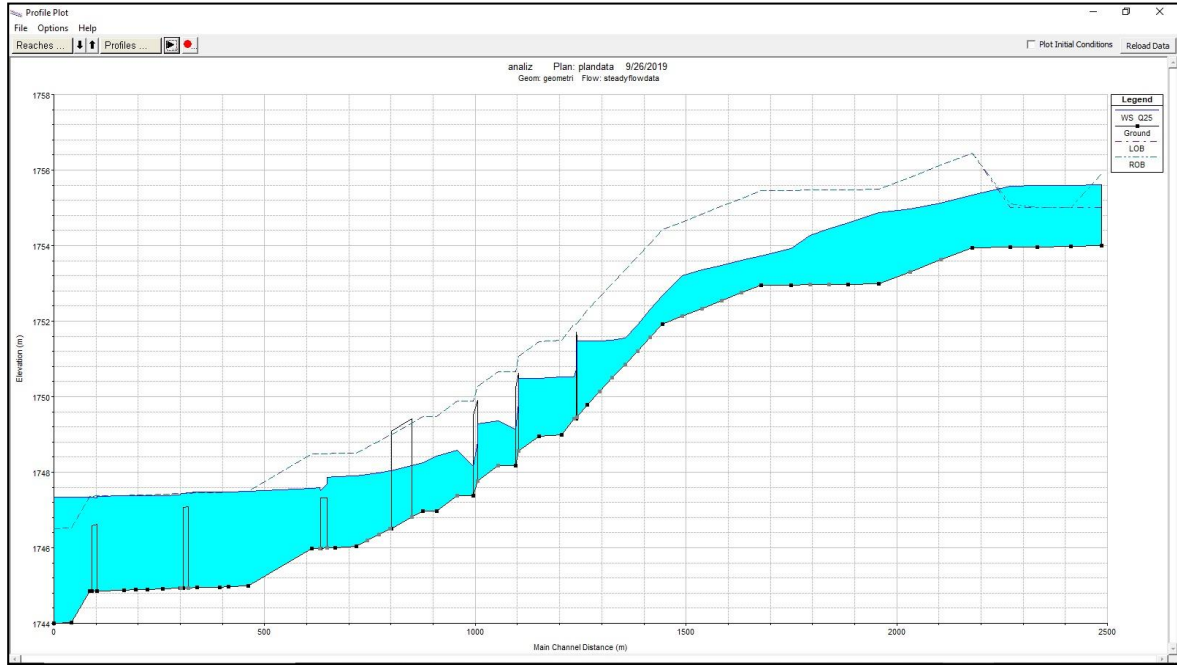
2. Senaryo (Kanal üzerindeki bütün yapıların kaldırılmasıyla meydana gelecek taşıma kapasitesi analizi)

Kanal üzerindeki bütün menfez yapıları kaldırılmış ve 1D taşkın analizi yapılmıştır. Bu analizde kanalın taşıma kapasitesi $48 \text{ m}^3/\text{s}'ye$ çıkmıştır. %29,73'lük bu artış tekerrür yılı aralığını değiştirmemiştir. Bu analizde ortaya çıkan boy profili Resim 9.17'de verilmiştir.

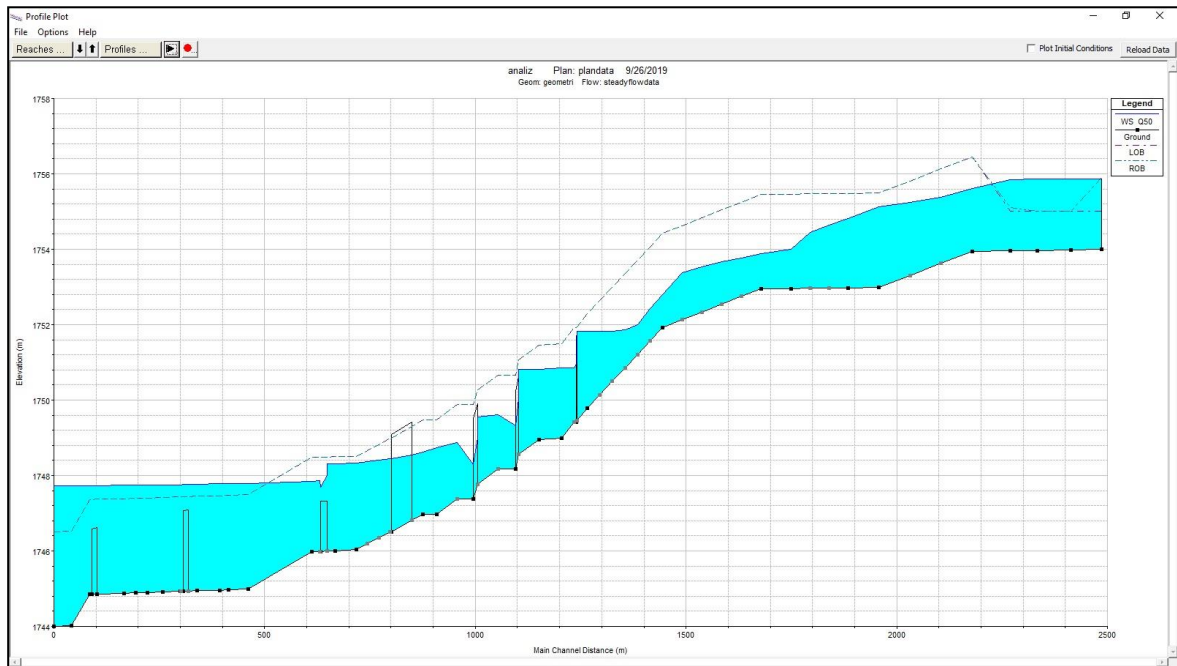


Resim 9.17. Bülbül deresi üzerindeki bütün menfez yapılarının kaldırılmasıyla çalışılan analizde meydana gelen taşıma kapasitesi boy profili

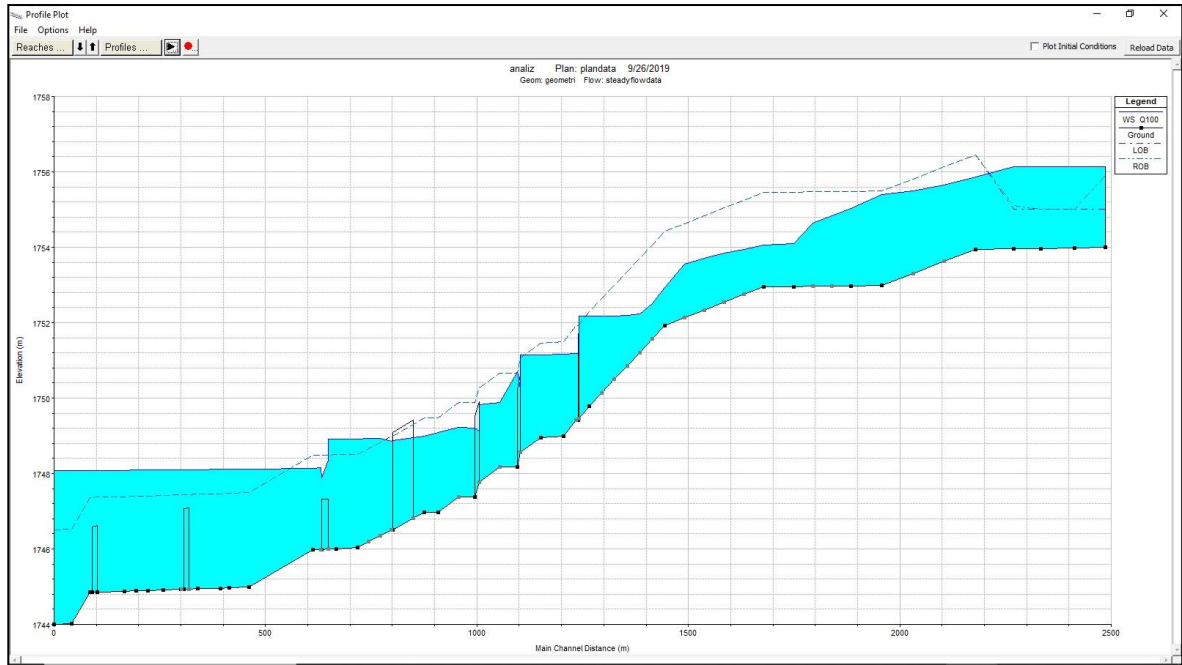
Derenin taşkın analizinde Sentetik yöntemden elde edilen 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılmış ve steady olarak çalışılmıştır. Meydana gelen boy profilleri Resim 9. 18-22’de verilmiştir.



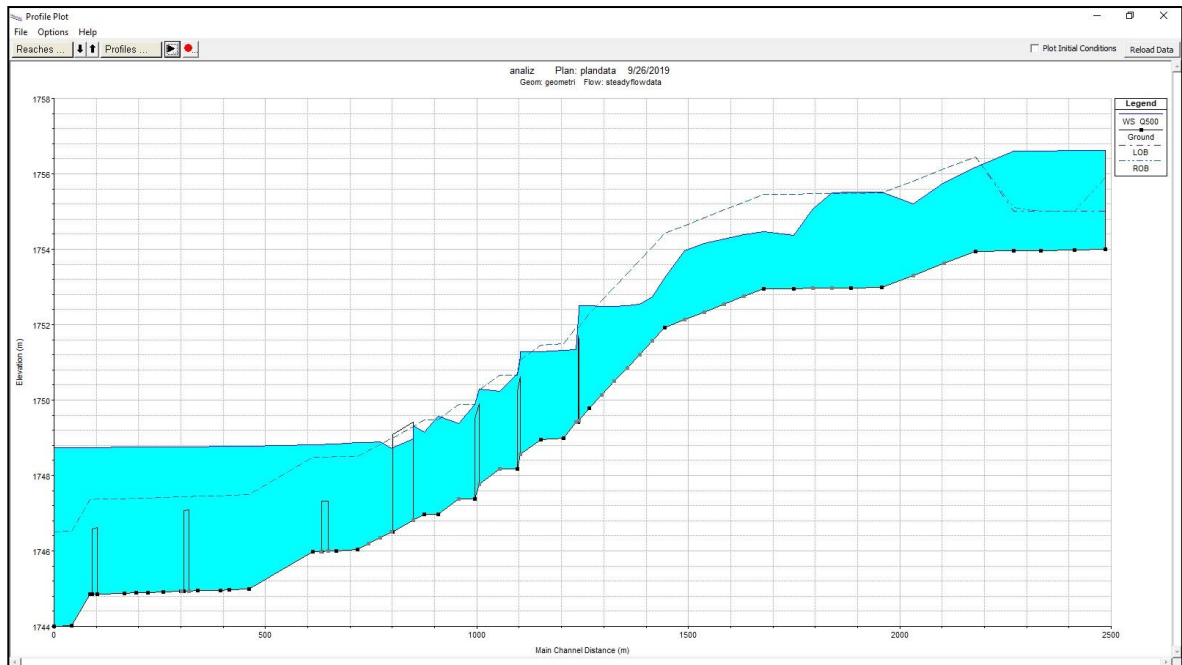
Resim 9.18. Bülbül deresi Q_{25} ($26,15 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi taşkın analizi boy profili



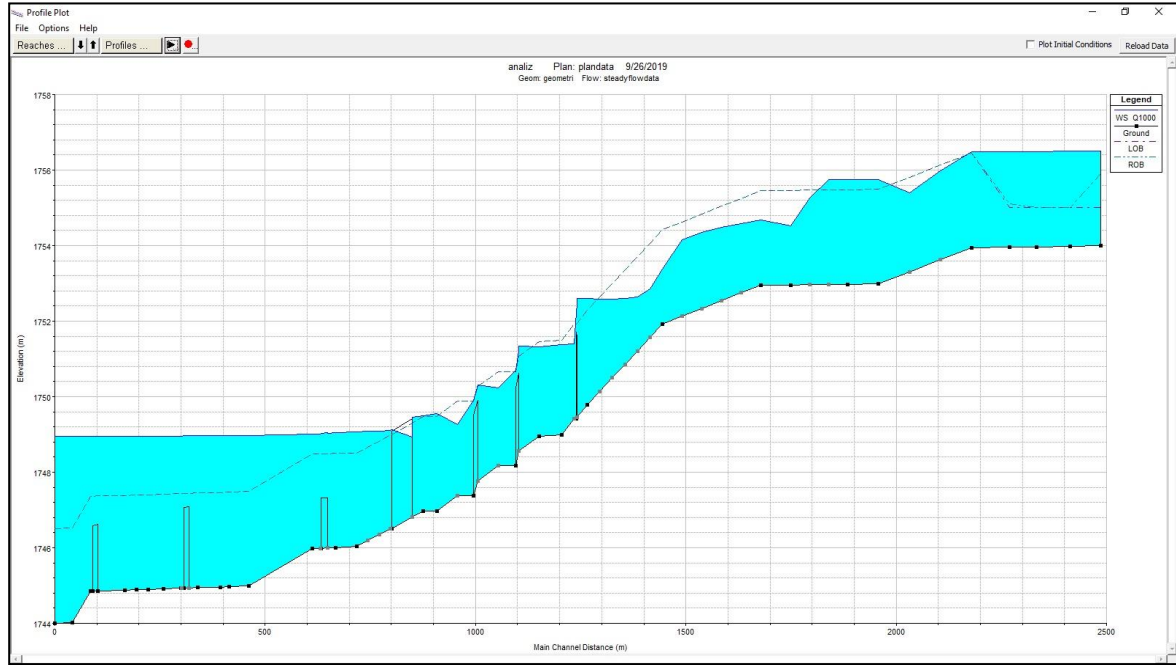
Resim 9.19. Bülbül deresi Q_{50} ($33,51 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi taşkın analizi boy profili



Resim 9.20. Bülbul deresi Q_{100} ($41,60 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi taşkın analizi boy profili



Resim 9.21. Bülbul deresi Q_{500} ($63,63 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi taşkın analizi boy profili



Resim 9.22. Bülbul deresi Q_{1000} ($74,39 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi taşkın analizi boy profili

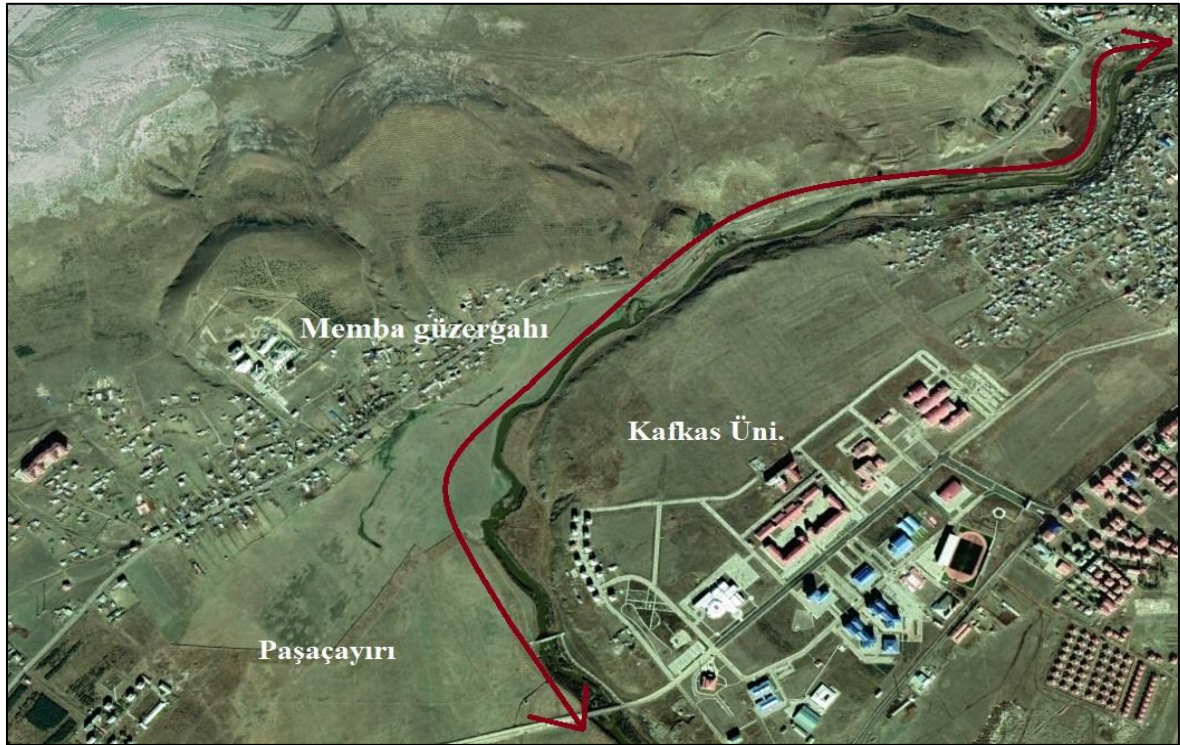
Elde edilen boy profillerinde kanalın sabit ve düzenli bir geometrisinin olması ve eğimin düşük olması kesitlerin geçirdiği debiyi neredeyse 100 yıllık taşkın debisi seviyelerinde tutmaya yetmiştir. Fakat bölümün başında bahsedilen, kanalla ilgili sorunun cevabı yani sağ ve sol sahil duvarlarının topoğrafyadan olan yüksekliği nedeniyle suyun kanala girememesi ve kanaldan çıkacak suyun şev duvarlarını aşana kadar göllenmeye ve bölgeye dağılmasına neden olacağı ve etki alanının ne boyutlarda olacağı gibi soruların cevabı 2 boyutlu analizde incelenecektir. Değinilmesi gereken bir başka problem ise kanalın taşıma kapasitesinin neredeyse 100 yıllık taşkın debisi değerine tekabül etmesine rağmen 25 yıllık taşkın analizinden elde edilen boy profilinde kanalda bu debide bile taşkının görülmesidir (Resim 9.18). Bunun nedeni Kars Çayı membaından gelen akım üst kotu ile ona birleşen Bülbul deresi çıkışı arasındaki kot farkıdır. Kars Çayı'ndan gelen yüksek debili akım Bülbul deresi çıkışını nehir rejimine zorlamakta ve su geriye basmaktadır.

9.1.3. Kars Çayı geometrisi, hidrolik yapıları ve taşkın analiz senaryoları

Çalışma alanından geçen Kars Çayı'nın membaındaki, D965 Erzurum-Kars Karayolu ile Bülbul deresinin Kars Çayı'na birleştiği yere kadar olan kesitler düzensiz ve süresizdir. Yatak genişliği bu bölümde değişken olmakla birlikte yatak içerisinde yer yer adacıklar görülmektedir. Bu bölümde yatak kenarlarında eski taş pere kaplamalar bulunmakla

birlikte yer yer bu kaplamaların da tahrip olduğu görölmüştür. Bu bölümde talveg uzunluğu 5+109,53 km'dir. Bahsedilen bölümün uydu görüntüsü Resim 9.23'te verilmiştir.

Bülbül deresinin Kars Çayı'na katıldığı noktanın mansabında kalan bölüm ise ıslah çalışmalarının yapıldığı bir kanaldan oluşmaktadır. Çalışılan kanal uzunluğu 1+152,33 km'dir. Söz konusu kesişimi gösterir fotoğraf Resim 9.24'teki gibidir.



Resim 9.23. Kars Çayı membainın akım güzergâhı, mevcut yerleşimler, kesit süreksizlikleri [4]



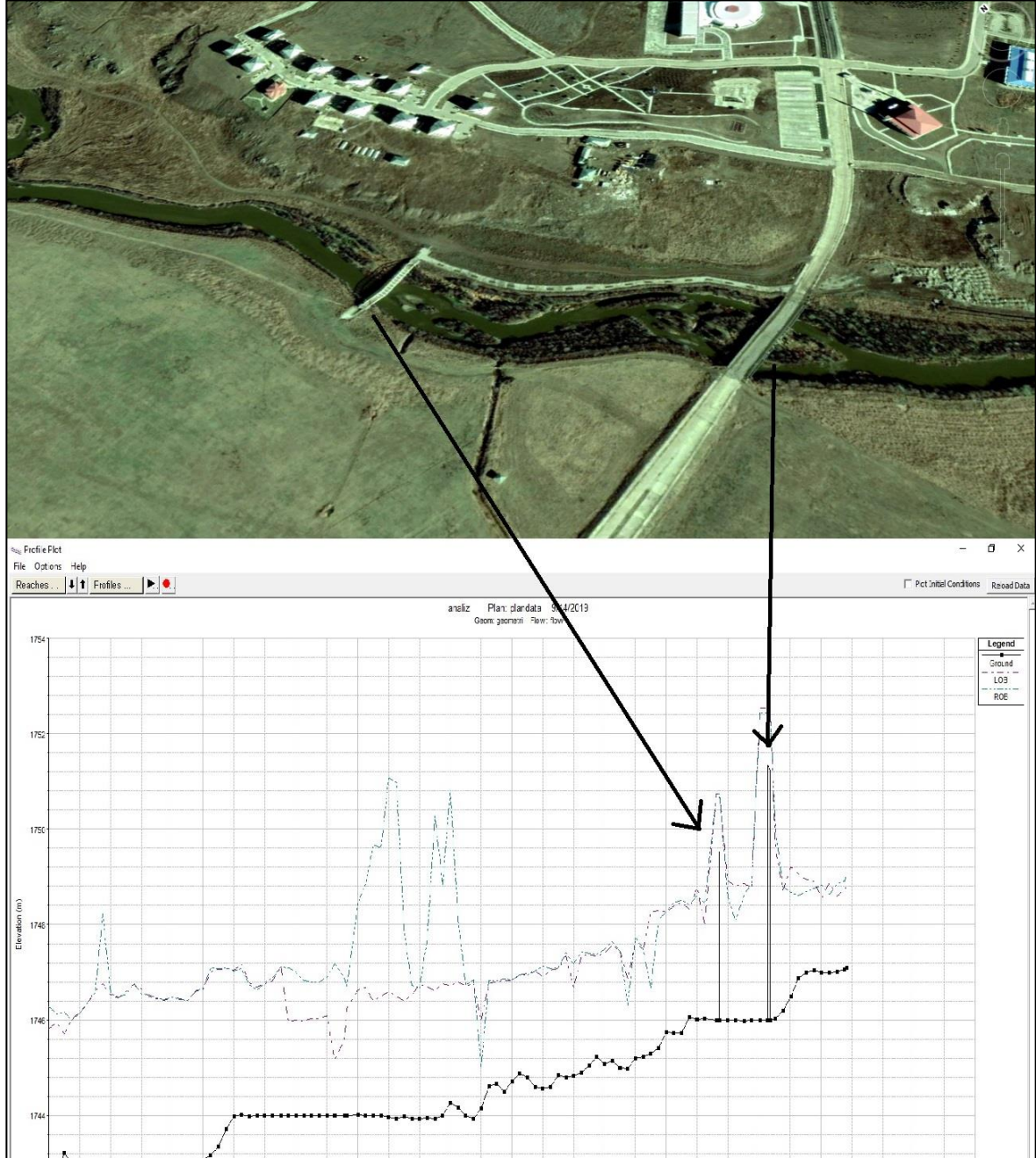
Resim 9.24. Kars Çayı ıslahlı kanaldan Bülbül deresi birleşimine bakar fotoğraf

Kafkas Üniversitesi sağ sahilde, banket rakımından yukarıda bulunmaktadır. Taşkınlarda suyun dağıldığı yer banket kotuyla aynı veya yakın kotta dağılan meralık, tarla olarak kullanılan Paşacayıırı arazisidir. Bu arazi bir doğal taşkın bölgesi oluşturmaktadır. Arazinin topoğrafyasını gösteren uydu görüntüsü Resim 9.25’te verilmiştir.



Resim 9.25. Banket ve Paşacayıırı kotlarını gösterir boy profili [4]

Bülbül deresi Kars Çayı birleşiminin membaındaki hidrolik yapılar Kafkas Üniversitesi mevkiindedir. Köprüler Resim 9.26'da gösterilmiştir.



Resim 9.26. Kars Çayı membaındaki hidrolik yapılar [4]

Bülbül deresinin Kars Çayı'na birleştiği noktanın mansabında ise ıslahlı kanal üzerinde bir demir yaya geçidi, bir su borusu geçişi ve 3 adet köprü bulunmaktadır. Bu yapılar Resim 9.27-31'de gösterilmiştir.



Resim 9.27. Kars Çayı üzerinden geçirilen su borusu



Resim 9.28. Selahattin Filtekin Köprüsü'nü ve su borusunu gösterir uydu görüntüsü [4]



Resim 9.29. Kars Çayı üzerindeki demir yaya geçidinin memba ve mansaptan görünüşü

Demir yaya geçidinde göze ilk çarpan husus sol sahildeki kenar ayağın yatak içine girdiğidir. Bu daralmanın suyun mansaba doğru kabarmasına neden olacağı düşünülerek 1D analizde bu durum farklı senaryolarda dikkat alınmıştır.

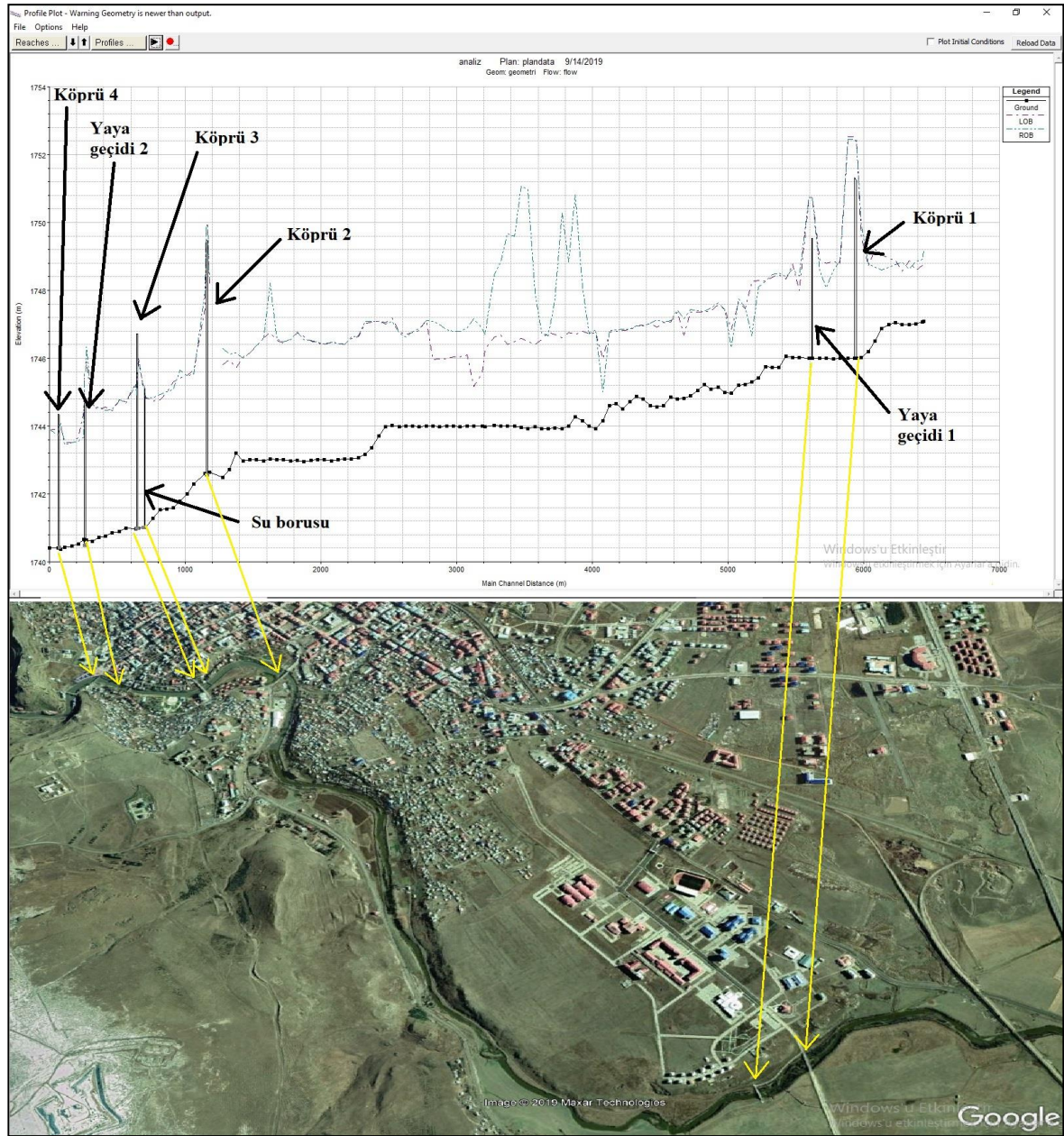


Resim 9.30. Bülbul deresinin Kars Çayı'na katıldığı noktada Kars Çayı'nın üzerindeki köprü



Resim 9.31. Bayrampaşa deresinin Kars Çayı'na katıldığı noktada Kars Çayı'nın üzerindeki köprü

Kars Çayı üzerindeki köprülerin ve yapıların yatak boy profili üzerinde analiz için isimlendirilmiş hali Resim 9.32'de verilmiştir.

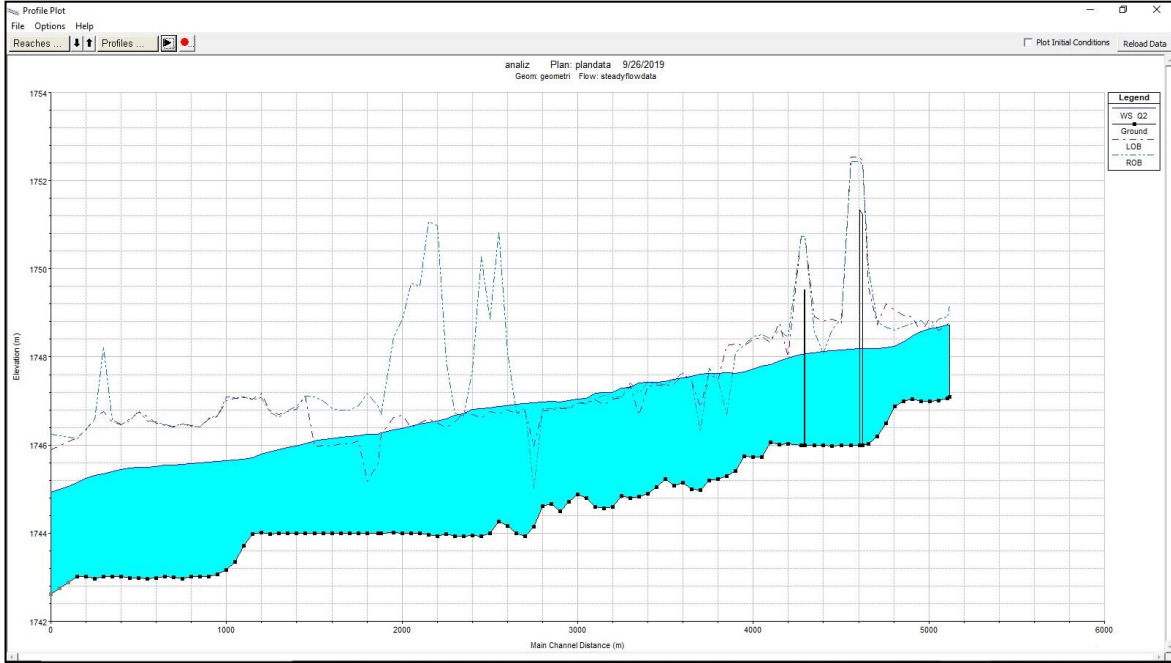


Resim 9.32. Kars Çayı üzerindeki yapıların analizde kullanılmak üzere yatak boy profili üzerinde isimlendirilmesi [4]

Bülbül deresi-Kars Çayı birleşiminin Kars Çayı membaı için taşkın analizinin sonuçları

Kars Çayı'nın bu bölümünde yatak taşıma kapasitesi kısmen $Q_2=104,35 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Kesit şev kotlarındaki düzensizlikler ve alınan kesitlerin akım güzergâhı üzerindeki çukurlara yahut kum adacıklarına denk gelmesi nedeniyle bu debiyi kesitler kısmen geçirebilmektedir (Resim 9.33). Bu bölümdeki köprülerin akıma bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu

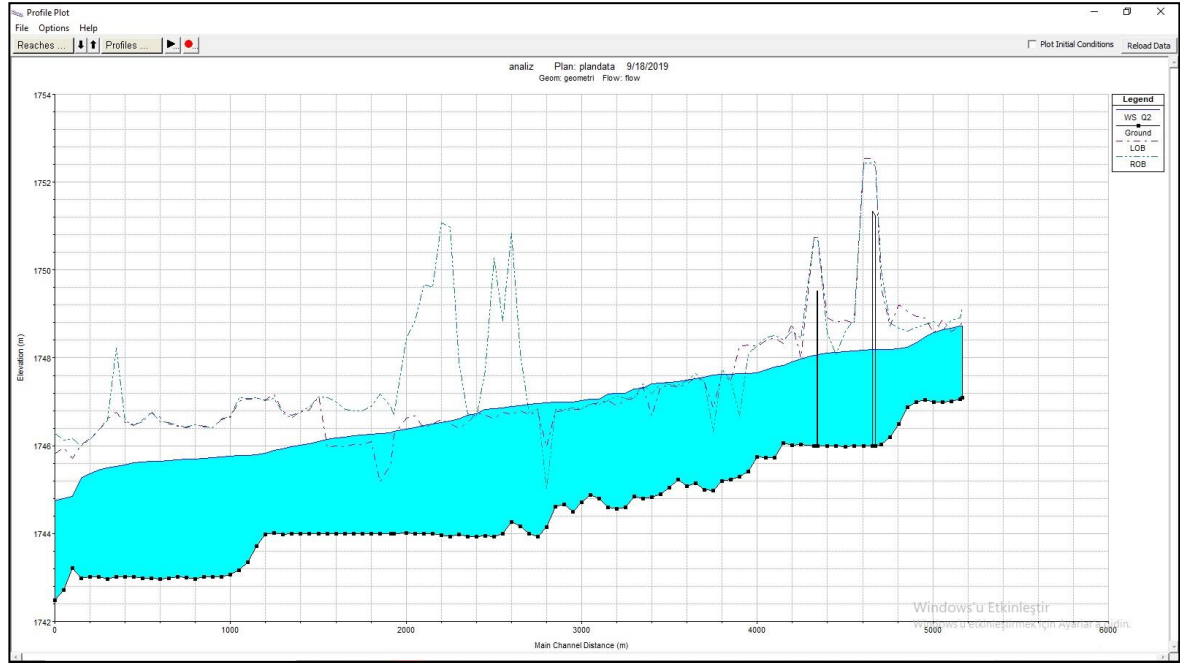
yüzden herhangi bir senaryo denenmemiştir. Zira kesitler sabit ve düzenli olmamakla birlikte akış düşük eğimli bir topoğrafya içerisinde akmaktadır.



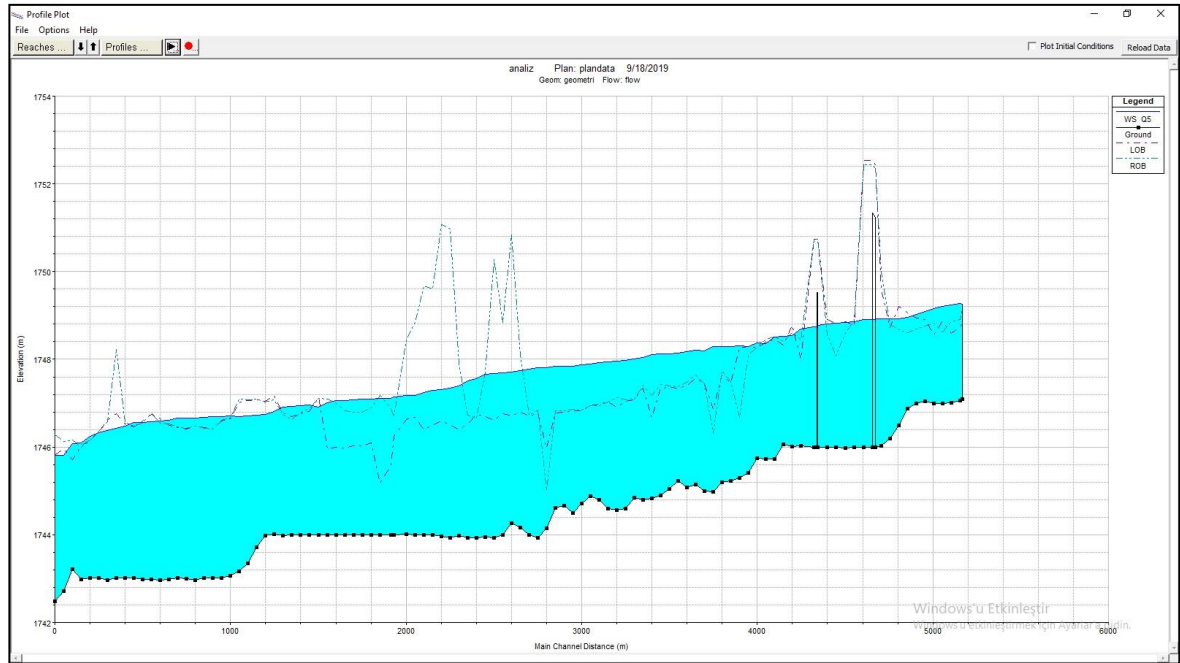
Resim 9.33. Bülbül deresinin Kars Çayı ile birleştiği noktanın membaındaki bölümün taşıma kapasitesi boy profili

Resim 9.33 incelendiğinde 5+300,00 km'deki kesitin ve devam eden birkaç kesitin sağ ve sol şev üst kotlarının düşük olduğu görülmektedir.

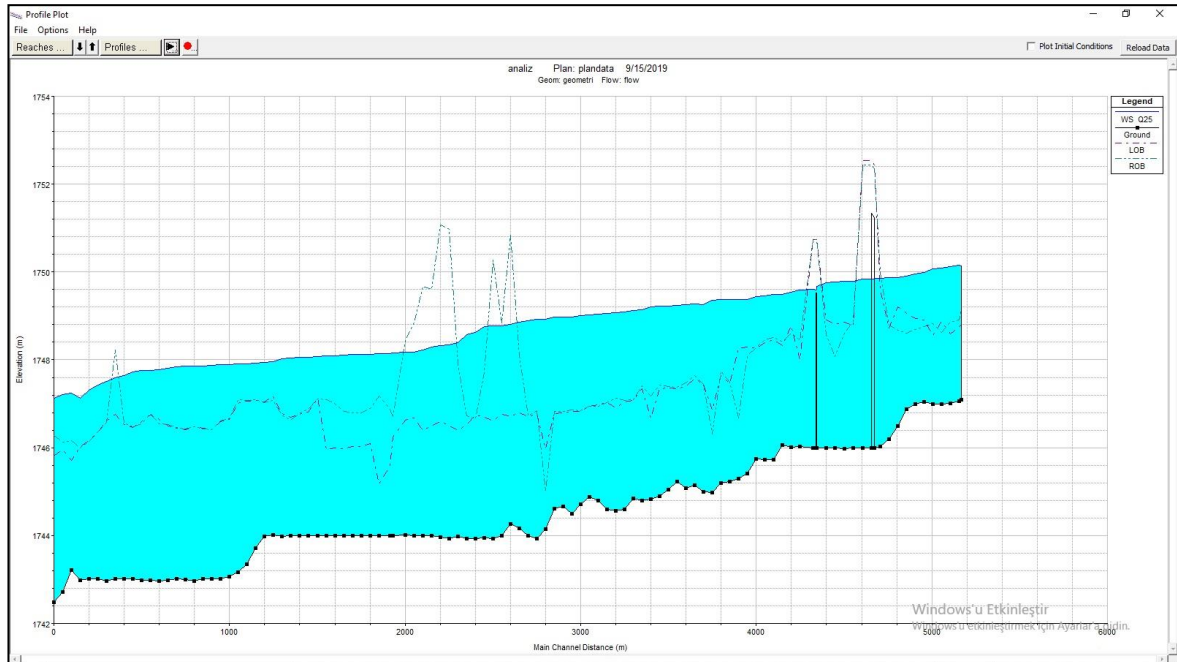
Analiz için Noktasal Taşkın Frekans Analizi sonuçları kullanılmıştır. 2, 5, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkın debileri (Karacaören deresi havzası için çalışılan hidroloji sonuçları bu debilere eklenmiştir) için 1D analiz yapılmış ve sonuçlar Resim 9.34-40'ta sunulmuştur.



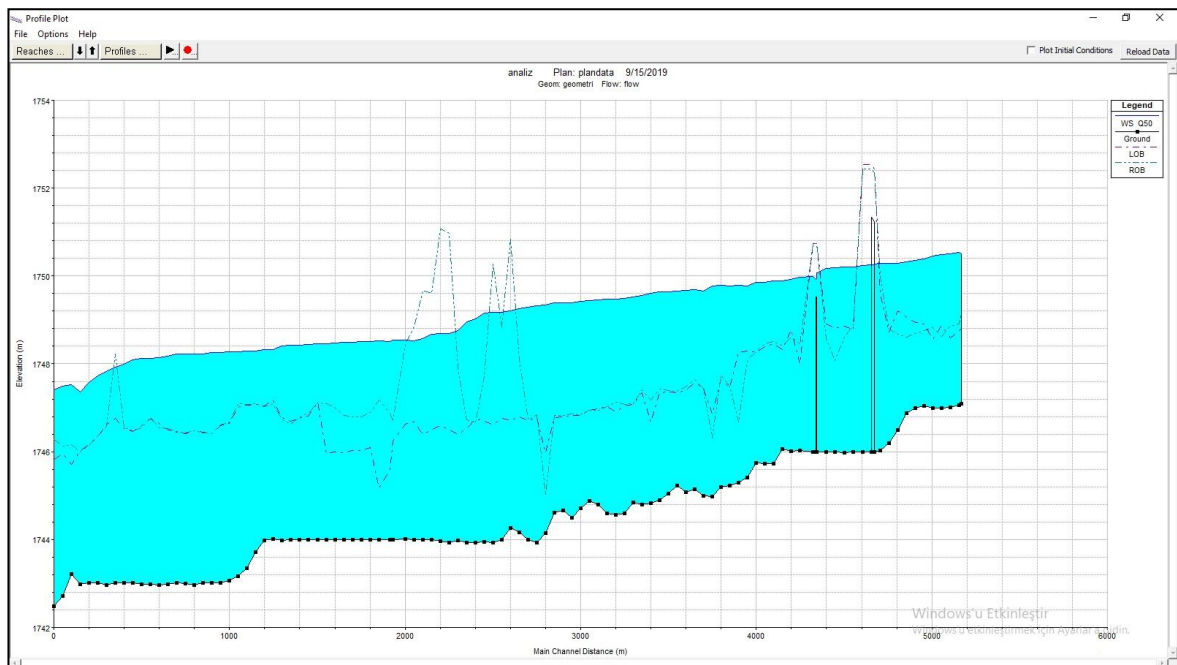
Resim 9.34. Kars Çayı membaı için Q_2 ($121,43 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



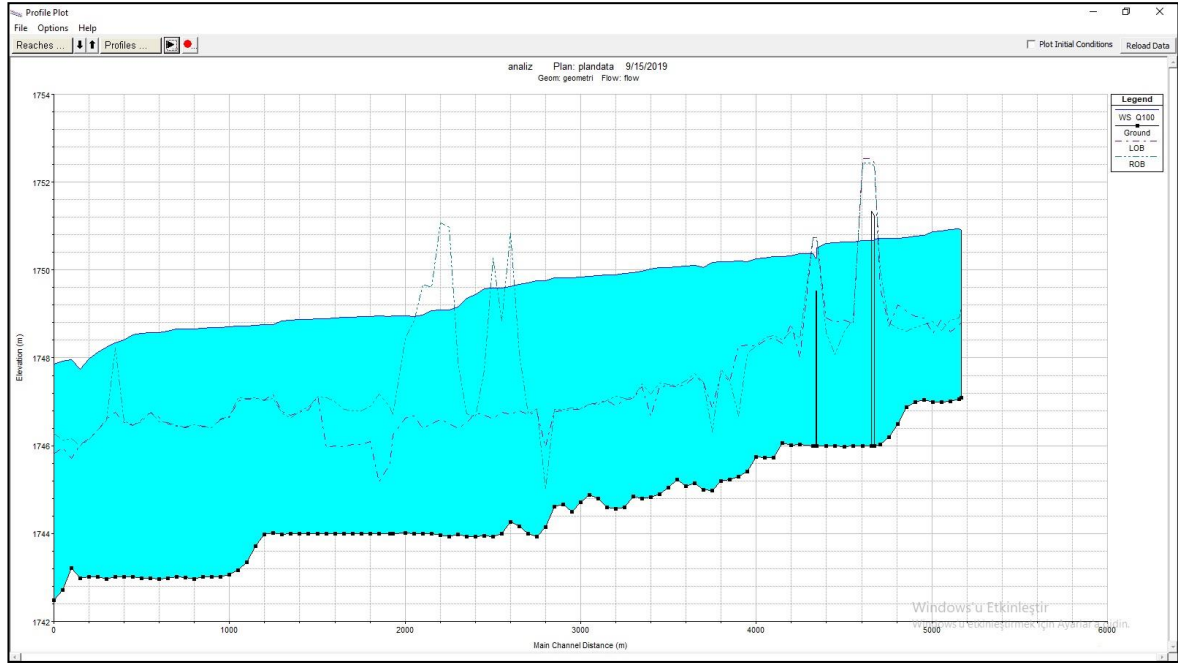
Resim 9.35. Kars Çayı membaı için Q_5 ($218,27 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



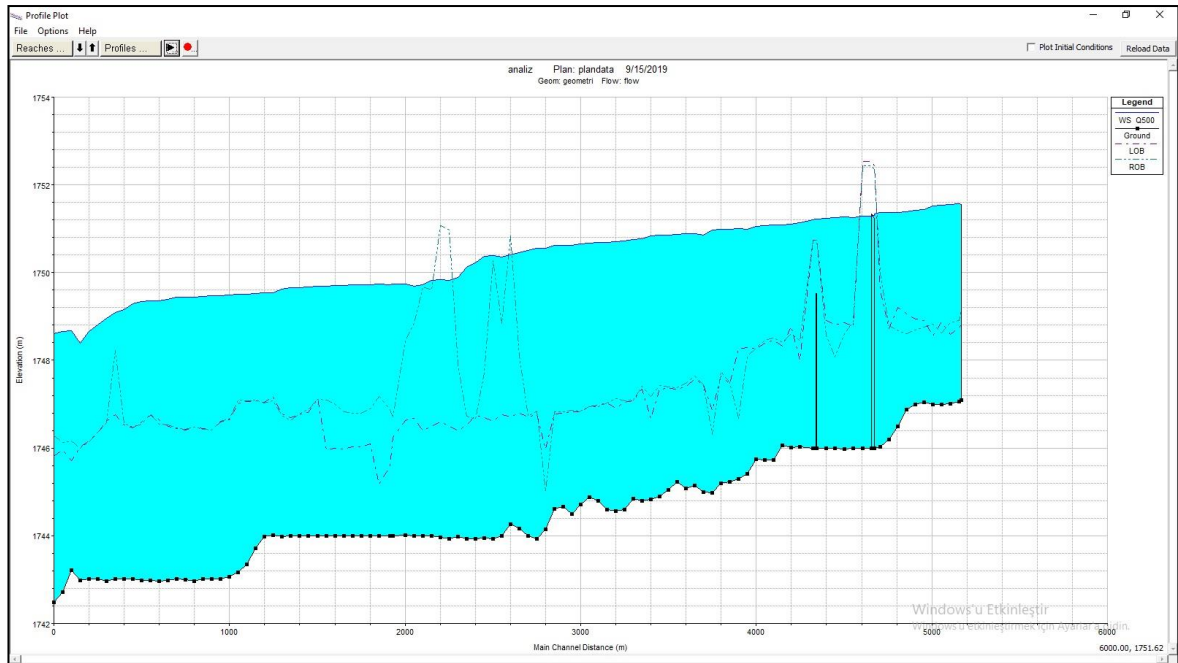
Resim 9.36. Kars Çayı membaı için Q_{25} ($393,28 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



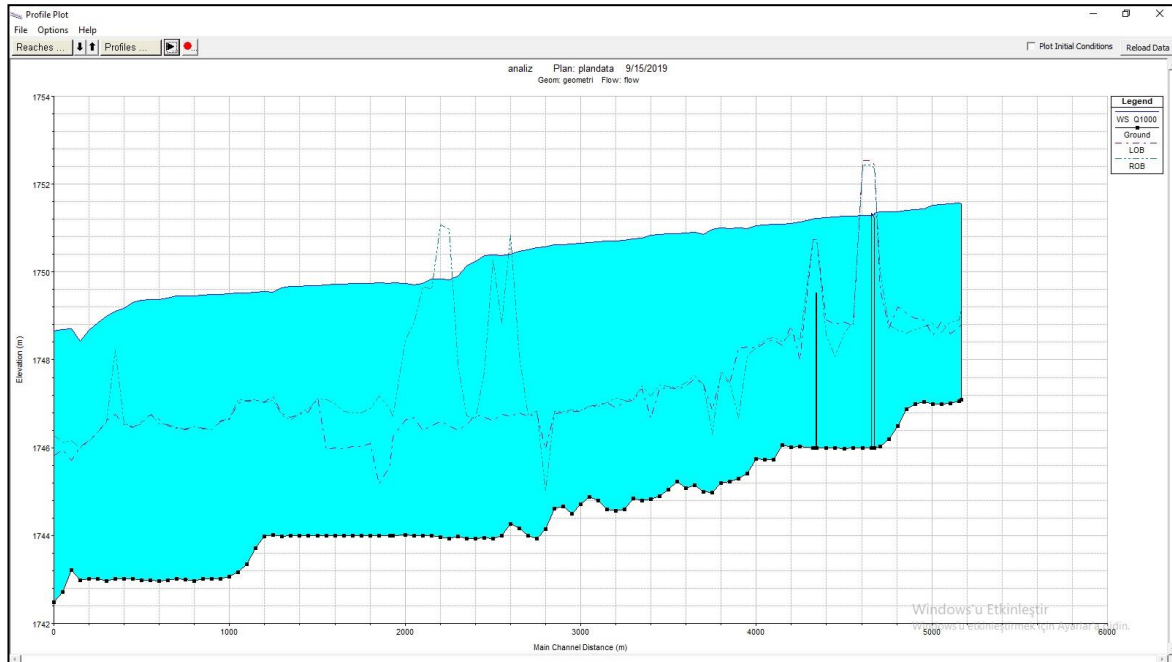
Resim 9.37. Kars Çayı membaı için Q_{50} ($470,84 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



Resim 9.38. Kars Çayı membayı için Q_{100} ($549,5 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



Resim 9.39. Kars Çayı membayı için Q_{500} ($693,14 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili



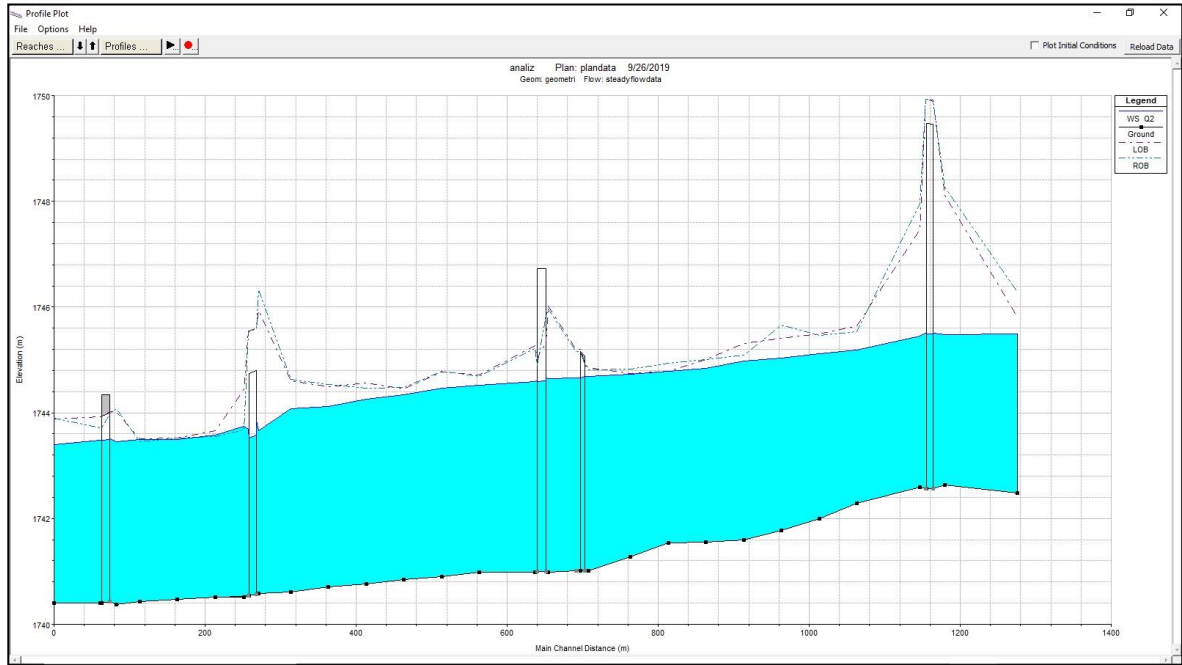
Resim 9.40. Kars Çayı membaı için Q_{1000} ($743,76 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizinde ortaya çıkan boy profili

Sonuçlarda yaya geçidi 1'in 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkınları geçiremediği görülmektedir. DSİ'den alınan röleveye göre yaya geçidinin köprü uzunluğu 59,81 m; talvegden kiriş altına kadar olan yüksekliği ise 3,53 m'dir. Köprü tablası yüksekliği ise 1,2 m'dir.

Köprü 1'in 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkınlarda aşıldığı görülmektedir. Röleve bilgilerine göre bu köprünün 80 cm genişliğinde 5 adet ayağı bulunmaktadır. İki kıyı arasındaki uzunluğu 91,06 m, talvegden kiriş altına kadar olan yüksekliği 5,13 m'dir. Köprü tablasının yüksekliği ise 1,2 m'dir.

Bülbül deresi-Kars Çayı birleşiminin mansabı (Kars Çayı şehir merkezi) için 1D taşkın analizinin sonuçları

Bu çalışma alanı ıslahlı kesitlerden oluşmaktadır. Kanalin taşıma kapasitesi $200 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak analiz sonuçlarından gözlenmiştir. Bu değer Noktasal Taşkın Frekans Analizine göre 5 yıl ile 10 yıl tekerrürlü taşkın debisi değerlerinin arasında bir değere tekabül etmektedir. Taşıma kapasitesi debisinin çalışıldığı boy profili Resim 9.41'deki gibidir.

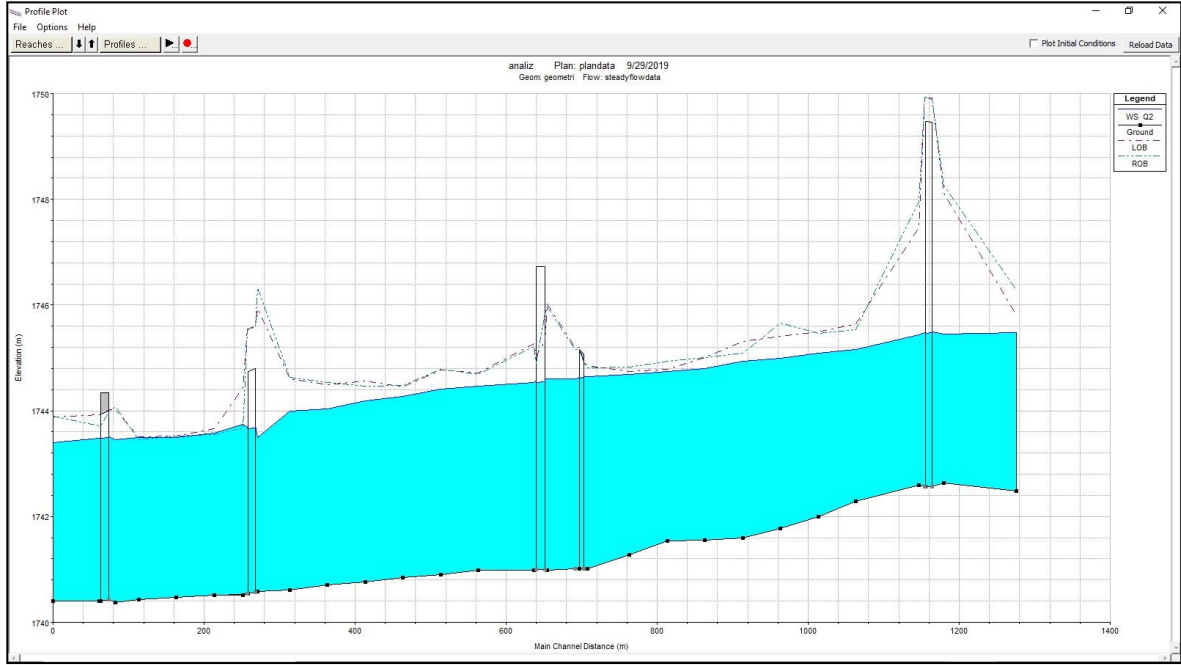


Resim 9.41. Kars Çayı-Bülbül deresi birleşiminin mansabı için taşıma kapasitesi analizinde ortaya çıkan boy profili

Resim 9.41’de görüldüğü üzere Yaya Geçidi 2’nin membaında su kabarmaktadır. Bunun nedeninin Resim 9.29’da gösterilen daralmanın olabileceği düşünülmüş ve bu daralma kaldırılarak taşıma kapasitesinin artırılmasına yönelik bir senaryo çalışılmıştır.

1. Senaryo (Yaya Geçidi 2’de kanal genişliğini daraltan elemanın kaldırılması)

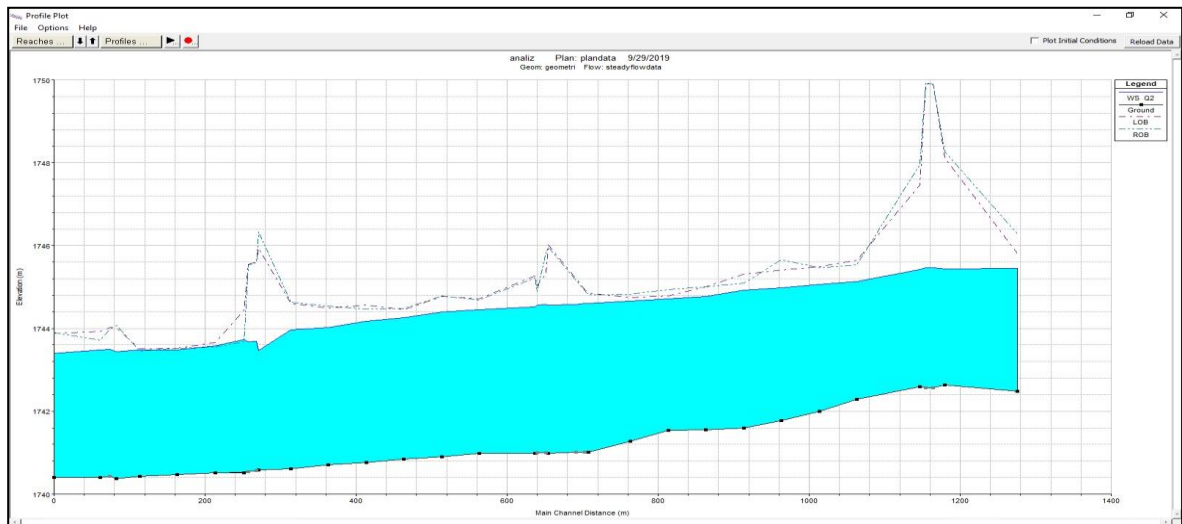
Bu senaryoda kanal genişliğini daraltan 3,5 m’lik yapı elemanının kaldırılması halinde kanalın taşıma kapasitesinde bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Senaryoya ait boy profili Resim 9.42’de verilmiştir.



Resim 9.42. Yaya geçidi 2’de kanal genişliğini daraltan yapı elemanın kaldırılması sonucu meydana gelen boy profili

2. Senaryo (Kanaldeki bütün yapıların kaldırılması)

Bütün yapıların kaldırılması sonucu yine kanal kapasitesi $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ’dir. Bu sonuç ıslahlı bu bölümde akıma etki eden sorunlu bir yapının olmadığını göstermektedir. Bu senaryo sonucu meydana gelen boy profili Resim 9.43’te verilmiştir.



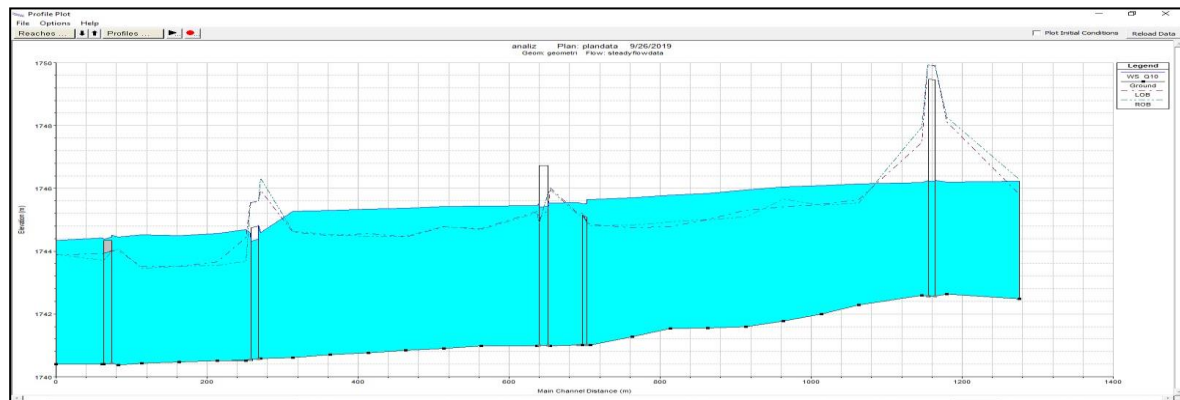
Resim 9.43. Çalışılan kanal üzerindeki tüm yapıların kaldırılması sonucu yapılan analizde meydana gelen boy profili

Bayrampaşa deresi, Bülbül deresi ve Kars Çayı'nın ıslahlı bölümü için denenen senaryolar ve sonuçları Çizelge 9.1'de verilmiştir.

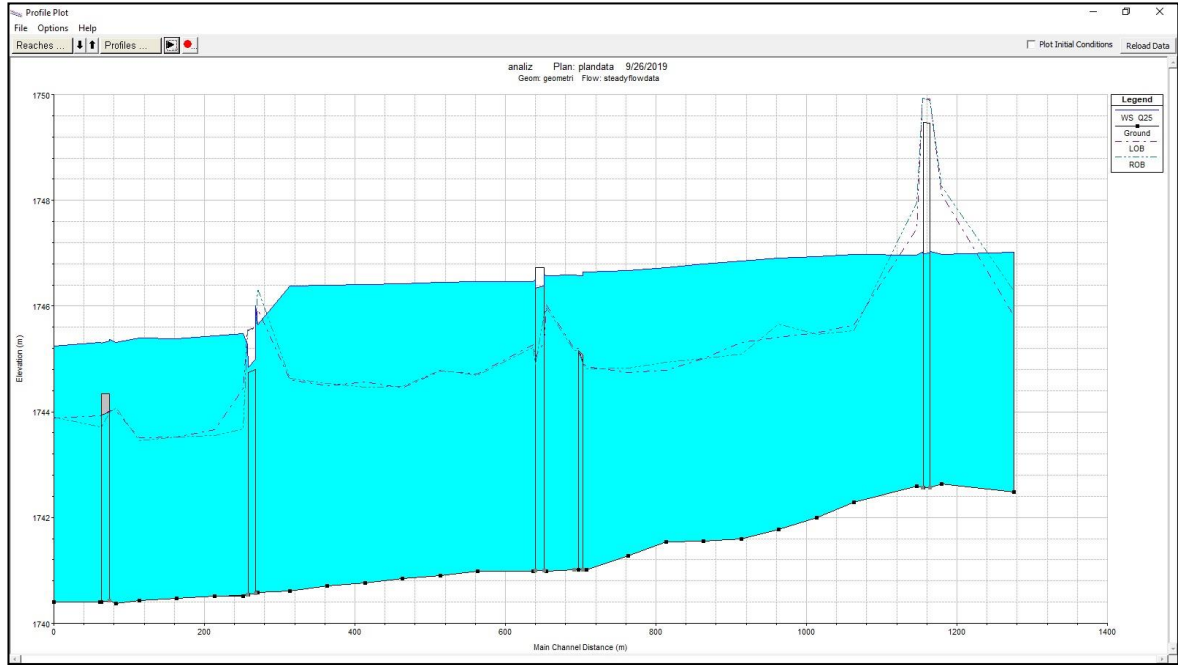
Çizelge 9.1. Çalışılan senaryolar ve sonuçları

Bayrampaşa deresinde denenen senaryolar		Bülbül deresinde denenen senaryolar		Kars Çayı ıslahlı bölümde denenen senaryolar	
Senaryo	Menfez 5'in kaldırılması	Senaryo	Menfez 3-5-6-7'nin kaldırılması	Senaryo	Yaya Geçidi 2'nin revize edilmesi
Kapasite	35 m ³ /s	Kapasite	37 m ³ /s	Kapasite	200 m ³ /s
Tekerrür yılı	5 - 10 yıl	Tekerrür yılı	50 - 100 yıl	Tekerrür yılı	5 - 10 yıl
Yeni kapasite	40 m ³ /s	Yeni kapasite	45 m ³ /s	Yeni kapasite	200 m ³ /s
Fark	5 m ³ /s	Fark	8 m ³ /s	Fark	0 m ³ /s
Yüzde artış	% 14,29	Yüzde artış	% 21,62	Yüzde artış	% 0,00
Senaryo	Tüm yapıların kaldırılması	Senaryo	Tüm yapıların kaldırılması	Senaryo	Tüm yapıların kaldırılması
Kapasite	35 m ³ /s	Kapasite	37 m ³ /s	Kapasite	200 m ³ /s
Tekerrür yılı	5 - 10 yıl	Tekerrür yılı	50 - 100 yıl	Tekerrür yılı	5 - 10 yıl
Yeni kapasite	40 m ³ /s	Yeni kapasite	48 m ³ /s	Yeni kapasite	200 m ³ /s
Fark	5 m ³ /s	Fark	11 m ³ /s	Fark	0 m ³ /s
Yüzde artış	% 14,29	Yüzde artış	% 29,73	Yüzde artış	% 0,00

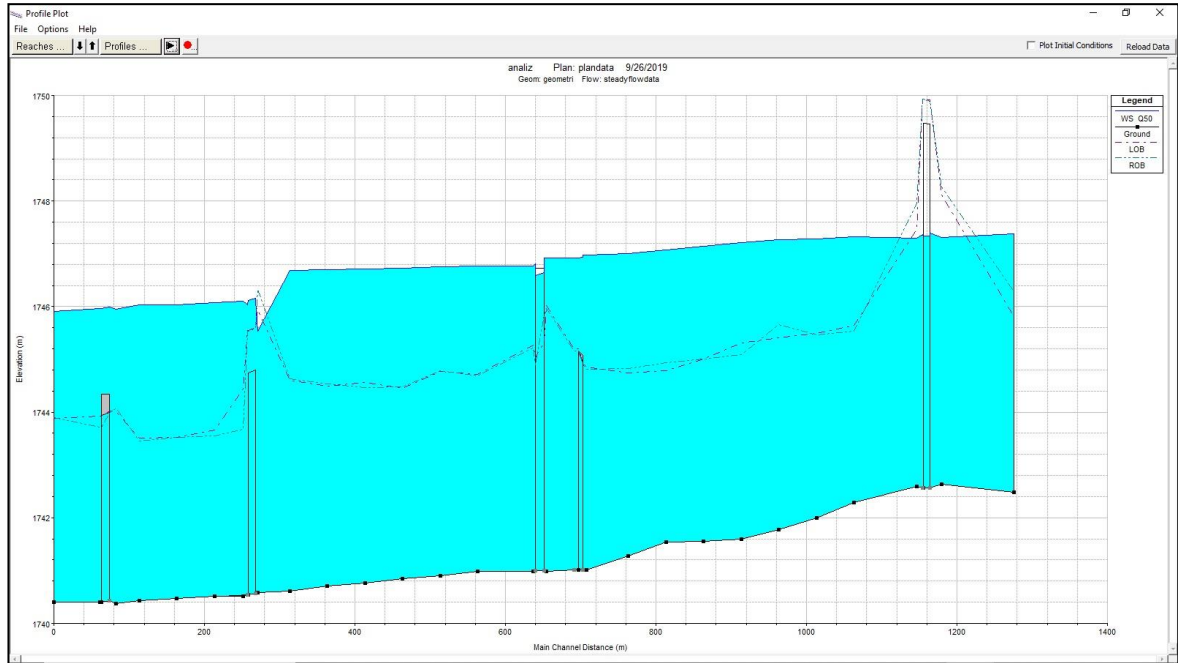
Kars Çayı ıslahlı bölümün kapasite çalışmalarının ardından 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri kullanılarak taşkın analizleri yapılmıştır. Kanala verilen debi Memba, Karacaören ve Bülbül deresi hidroloji sonuçlarının aynı tekerrür yıllarındaki taşkın debilerinden oluşmaktadır. 1D analiz sonuçlarından meydana gelen boy profilleri Resim 9.44-49'da verilmiştir.



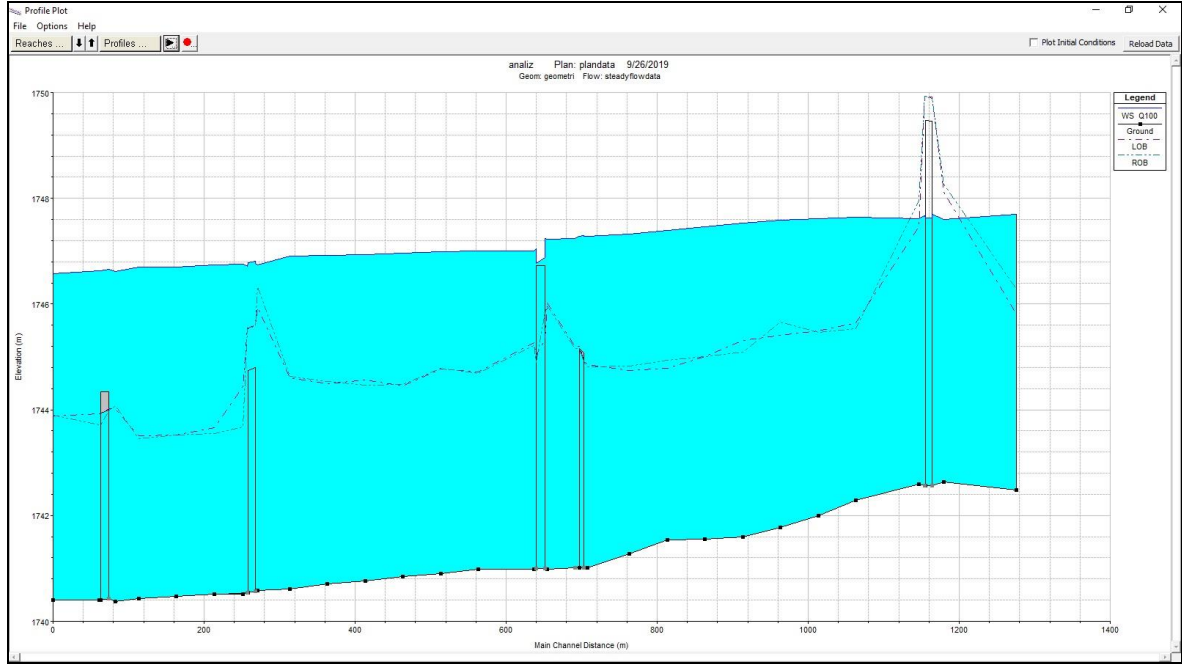
Resim 9.44. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{10} (311,45 m³/s) taşkın analizine ait boy profili



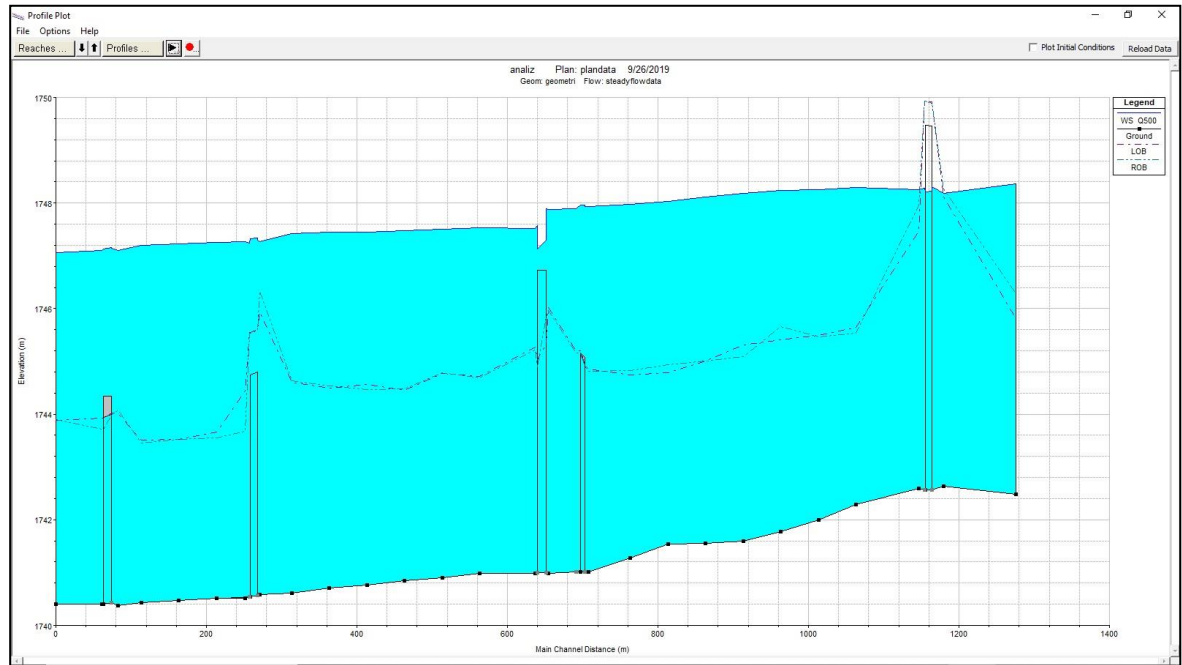
Resim 9.45. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{25} ($420,44 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili



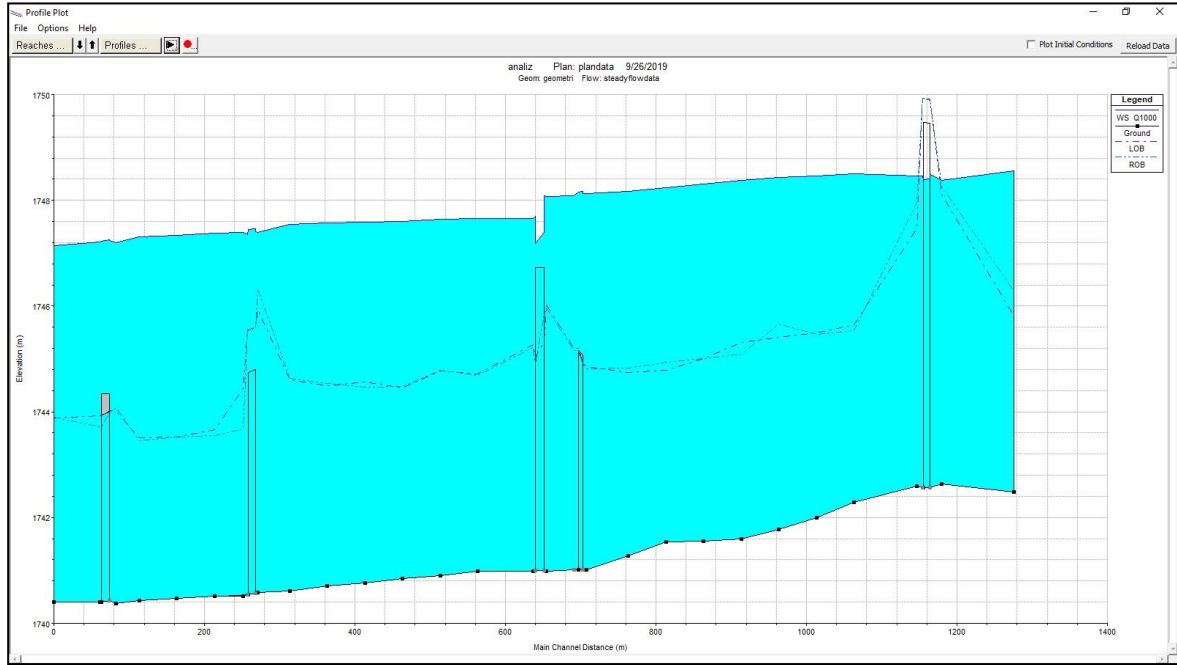
Resim 9.46. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{50} ($505,34 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili



Resim 9.47. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{100} ($591,9 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili



Resim 9.48. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{500} ($756,89 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili



Resim 9.49. Kars Çayı ıslahlı bölümdeki kanalın Q_{1000} ($818,15 \text{ m}^3/\text{s}$) taşkın analizine ait boy profili

Analizde görüldüğü üzere kesit geometrisini daraltan yapılar kanalın su taşıma kapasitesini azaltmaktadır. Aynı zamanda daralan kesitlerin membaında su kabaracağından dolayı şayet mevcut yapıda ayaklar var ise ayaklarda aşınmaya, ayak temellerinde oyulmaya neden olacaktır. Yaya Geçidi 2'nin yataкта oluşturduğu daralmadan kaynaklı membadaki kabarma taşkın debilerinin tekerrür süresi az olandan çok olana doğru, taşkın ana kanalı terk ettiği için, etkisini azalttığı boy profillerinde görülmektedir. Bunun yanında bu analizde yine banket kotlarının düzenli olmasının taşıma kapasitesini olumlu etkilediği de görülmüştür. Köprü 2 bütün analizlerde taşkın debisini geçirebilmektedir. Yani çalışılan bütün tekerrür debilerinde akıma etkisi hiç yoktur. Köprü 3 ise 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkın debilerini geçirememektedir, bu debilerde akım bu yapılardan etkilenmektedir. Köprü 4 sadece 10 yıl tekerrürlü taşkın debisini geçirebilmektedir, bu debide yapının akıma etkisi bulunmamakta fakat diğer taşkın debilerinde akım bu yapıdan etkilenmektedir. Diğer yapılar çalışılan tüm taşkın debilerini (25, 50, 100, 500, 1000) geçirememektedirler. Yani 25 yıllık bir taşkın debisinin gelmesi halinde akım bu yapılardan etkilenecek; yapılar için maddi hasar, yapıyı kullanan insanlar için ise can kayıpları kaçınılmaz olacaktır.

Hidroloji çalışmaları sonucu hesap edilen taşkın hidrografları 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkınlar için kararsız akım verisi olarak Edit>Unsteady Flow Data komutuyla programa tanıtılmıştır.

Arazi üstü kullanımı ve Manning katsayıları için 2D akım alanını kapsayan bir CORINE Land Cover haritası Ras Mapper>Map Layer>Add a new Manning's n Layer komutuyla çalışma alanı üzerine tanımlanmıştır. Manning n değerleri Şekil 9.2'deki gibidir.

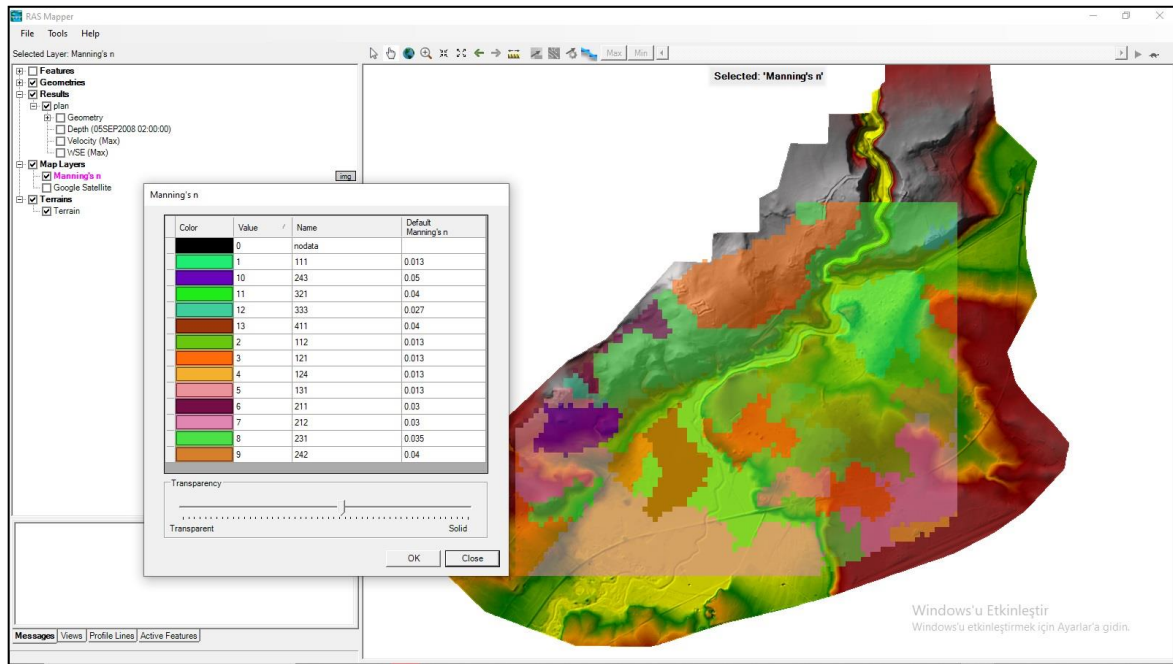
LABEL1	LABEL2	LABEL3	Mannings n
1 Artificial surfaces	1.1 Urban fabric	1.1.1 Continuous urban fabric 1.1.2 Discontinuous urban fabric	0.013
	1.2 Industrial, commercial and transport units	1.2.1 Industrial or commercial units 1.2.2 Road and rail networks and associated land 1.2.3 Port areas 1.2.4 Airports	0.013
	1.3 Mine, dump and construction sites	1.3.1 Mineral extraction sites 1.3.2 Dump sites 1.3.3 Construction sites	0.013
	1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.4.1 Green urban areas 1.4.2 Sport and leisure facilities	0.025
2 Agricultural areas	2.1 Arable land	2.1.1 Non-irrigated arable land 2.1.2 Permanently irrigated land 2.1.3 Rice fields	0.03
	2.2 Permanent crops	2.2.1 Vineyards 2.2.2 Fruit trees and berry plantations 2.2.3 Olive groves	0.08
	2.3 Pastures	2.3.1 Pastures	0.035
	2.4 Heterogeneous agricultural areas	2.4.1 Annual crops associated with permanent crops	0.04
		2.4.2 Complex cultivation patterns	0.04
		2.4.3 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 2.4.4 Agro-forestry areas	0.05 0.06
3 Forest and semi natural areas	3.1 Forests	3.1.1 Broad-leaved forest 3.1.2 Coniferous forest 3.1.3 Mixed forest	0.1
		3.2.1 Natural grasslands	0.04
		3.2.2 Moors and heathland	0.05
	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	3.2.3 Sclerophyllous vegetation	0.05
		3.2.4 Transitional woodland-shrub	0.06
	3.3 Open spaces with little or no vegetation	3.3.1 Beaches, dunes, sands	0.025
		3.3.2 Bare rocks	0.035
		3.3.3 Sparsely vegetated areas	0.027
		3.3.4 Burnt areas	0.025
		3.3.5 Glaciers and perpetual snow	0.01
4 Wetlands	4.1 Inland wetlands	4.1.1 Inland marshes 4.1.2 Peat bogs	0.04
	4.2 Maritime wetlands	4.2.1 Salt marshes	0.04
		4.2.2 Salines 4.2.3 Intertidal flats	
5 Water bodies	5.1 Inland waters	5.1.1 Water courses 5.1.2 Water bodies	0.05
	5.2 Marine waters	5.2.1 Coastal lagoons	0.07
		5.2.2 Estuaries 5.2.3 Sea and ocean	

Şekil 9.2. CORINE arazi üstü kullanımı envanterine göre ortalama Manning n değerleri [43]

Şekil 9.2’de 5 farklı ana CORINE sınıflandırması mevcuttur. Bunlar;

- 1- Meskûn yüzeyler (yerleşim alanları)
- 2- Tarım alanları
- 3- Orman ve yarı doğal alanlar
- 4- Sulak alanlar
- 5- Su kütleleri

Resim 9.51’de HEC-RAS arayüzünde tanımlanmış Manning n değerleri gösterilmektedir.



Resim 9.51. CORINE envanterine göre Manning n değerleri

9.2.2. 2D taşkın analizleri sonuçları

Havza alanı içerisindeki muhtemel taşkın durumlarında ve suyun sahil şevlerinden topoğrafyaya çıkıp kesitleri terk etmesi halinde suyun hangi kesitlerden dışarıya çıktığının, araziye nasıl dağıldığının ve meskûn bölgelerin bu taşkından nasıl etkileneceğinin belirlenebilmesi için 2D taşkın analizinden yararlanılmıştır.

2 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.52’deki gibi olmuştur.



Resim 9.52. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_2 taşkın analizi ($Q_2=104,35 \text{ m}^3/\text{s}$)

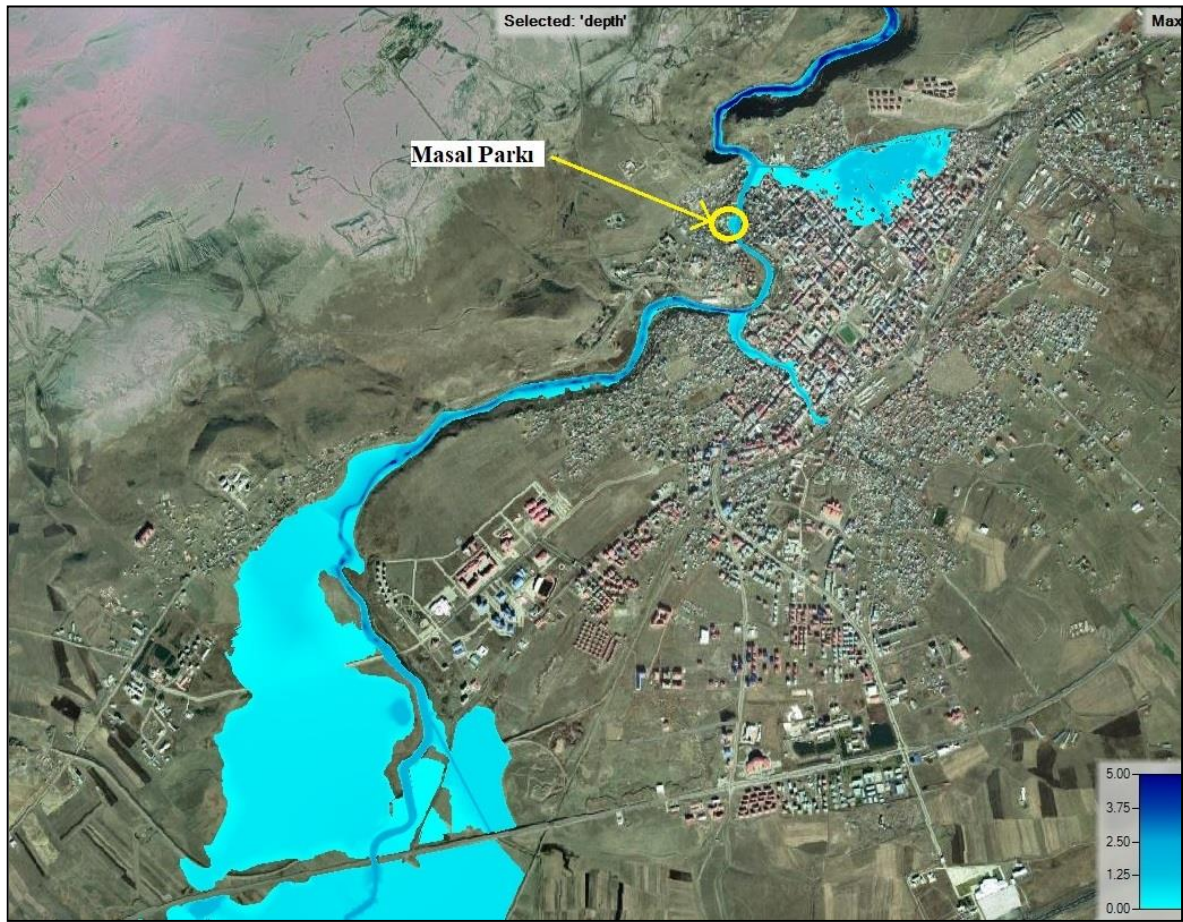
Analizde görüldüğü üzere 1D analizde taşıma kapasitesi $33 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunan Bayrampaşa deresi maksimum debisi $17,03 \text{ m}^3/\text{s}$ olan Q_2 kararsız 2D taşkın analizinde taşmıştır. Bu durum suyun hasarlı şev duvarlarından çıkıp akış yüzeyinin eğimli olmasından ve eğimli olmayan bölümlerde ise suyun devam eden şev duvarları yüksekliğini aşıp içeriye tekrar girememesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine yayılan sular $41,83 \text{ ha}$ 'lık alana dağılmaktadır.

Kars Çayı ıslahlı bölümü incelenecek olursa suyun kanalda taşınabildiği, ancak Masal Parkı ve civarındaki düzlüklerde suyun kanal sol sahil şevinden kanalı terk edip alana yayıldığı görülmektedir.

Paşacayırı bölgesinde ise 1D analizde bahsedilen kesitlerin düzensiz ve süreksiz geometrilerinden dolayı taşkın görülmüştür. Bu bölgedeki geometri düzensiz ve kısmen

doğal yataktan oluştuğu için doğal akışa karşılık gelen Q_2 debisini ancak geçirebilmektedir. Bölge sulanabilir tarım arazisi ve meralardan oluşmaktadır. Taşkından etkilenen alan ise 87,74 ha'dır.

5 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.53'teki gibi olmuştur.



Resim 9.53. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_5 taşkın analizi ($Q_5=184,61 \text{ m}^3/\text{s}$)

Analizde Bayrampaşa deresindeki sorunun devam ettiği görülmektedir. 2D akım alanı üzerinde su dereye daha membadan verilerek bir alternatif denenecek ve suyun kanala girip giremediği tespit edilecektir. Bu durumda ise Bayrampaşa deresinden taşıp şehir merkezine inen sular 41,95 ha'lık alana dağılmaktadır.

Paşacayı bölgesinde taşkından etkilenen alan artmıştır. Yatağı terk eden su 243,2 ha'lık bir alana yayılmaktadır. Bu 2 yıllık analizdeki alan değerinin 2,77 katıdır. Bu artışın nedeni arazinin geniş düzlüklerden oluştuğunu izah etmektedir.

Kars Çayı ıslahlı bölümü incelenecek olursa suyun kanalda taşınabildiği, ancak Masal Parkı ve civarındaki düzlüklerde suyun kanal sol sahil şevinden kanalı terk edip alana yayıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra aynı bölümde suyun Köprü 4'ün sağ sahilindeki çay bahçesi ve rekreasyon alanına kısmen yayıldığı görülmektedir.

10 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.54'teki gibi olmuştur.



Resim 9.54. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{10} taşkın analizi ($Q_{10}=244,62 \text{ m}^3/\text{s}$)

Bu analizde görülüyor ki debi arttıkça yatağın Kafkas Üniversitesi'ndeki kurptan çıktığında girdiği vadi eteğindeki düzlüklere de su yayılmaktadır (bu bölge Şekil 9.54 üzerinde oval içerisinde gösterilmiştir). Tarif edilen bölge 1D analizde belirtilen geometrideki 3+700,00 km ile 4+700,00 km arasına düşmektedir.

Bayrampaşa deresinden taşan suların şehir merkezinde yayıldığı alan 42 ha'dır. Etkilenen bölge sınırları artan debiye göre çok az değişmektedir. Bu Bayrampaşa deresiyle şehir merkezi arasında suyun göllendiğini, kanalın geçirildiği yerden daha düşük kotların mevcut olduğunu (Resim 9.4). Bu durum Bayrampaşa deresinin güzergâhının değiştirilmiş olabileceği ihtimalinin düşündürmektedir.

Paşaçayırı bölgesinde ise taşkından etkilenen alan büyümeye devam etmektedir. Su bu analizde 259,5 ha'lık alana yayılmaktadır. Bu değer 2 yıllık taşkın debisinin aynı bölgede gösterdiği yayılım alanının yaklaşık 3 katına tekabül etmektedir.

25 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.55'teki gibi olmuştur.



Resim 9.55. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{25} taşkın analizi ($Q_{25}=323,68 \text{ m}^3/\text{s}$)

Analizde görüldüğü üzere 25 yıllık taşkında da Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine yayılan suların çizdiği dağılımda ve birikme bölgelerinde çok büyük bir fark yoktur. Suyun dağıldığı alan 42,68 ha'dır.

Taşkın Kars Çayı'nın 3+700,00 km ile 4+700,00 km arasındaki vadi eteklerindeki düzlüklerde yayılma sahasını genişlettiği görülmektedir. Devam eden ıslahlı kesitlerde de taşmalar meydana gelmiştir. 1D analizde bu ıslahlı kesitlerden oluşan kanalın taşıma kapasite 190 m³/s olarak bulunmuştu. Bu değer 5-10 yıl arasında bir tekerrür süresindeki taşkın debisine tekabül etmektedir. 10 yıllık taşkın analizinde bu bölümde sadece Selahattin Filtekin Köprüsü'nün mansabındaki Masal Parkı ve çevresinin etkilendiği görülmüştü, fakat bu analizde Selahattin Filtekin Köprüsü'nün membainin da taşkından etkilendiği görülmektedir. Bu alanda su kanalın sol sahilindeki düzlüklere yayılmaktadır.

Paşacayı bölgesinde yayılım sahasını genişleten taşkın dağıldığı alan 281,6 ha'dır.

50 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.56'daki gibi olmuştur.



Resim 9.56. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q₅₀ taşkın analizi (Q₅₀=383,22 m³/s)

Analizde Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine dağılan taşkın etkilediği alan 42,94 ha'dır.

Kars Çayı'nın ıslahlı bölümünde taşmalar devam etmektedir. Özellikle Kars Çayı'nın Bülbül deresiyle bağlantı noktasından Selahattin Filtekin Köprüsü arasındaki kanal sol ve sağ sahilleri civarındaki düzlüklere su yayılmaya devam etmektedir.

Bülbül deresinin 1D analizde taşıma kapasitesi 36 m³/s bulunmuştu. Bu değer $Q_{50}=34,48$ m³/s değerine yakın bir değerdir. Bu analizde kanalda yer yer taşmalar görülmektedir.

Paşacayı bölgesinde taşkın yayıldığı alan ise 287,5 ha'ya çıkmıştır.

100 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.57'deki gibi olmuştur.



Resim 9.57. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{100} taşkın analizi ($Q_{100}=442,66$ m³/s)

100 yıllık taşkında Bayrampaşa deresindeki durum pek değişmemiştir. Su Bayrampaşa deresi ile şehir merkezi arasında göllenmeye devam etmektedir. Taşkından etkilenen alan 43,02 ha'dır.

Kars Çayı ıslahlı bölümde taşkın yayılım sahasını genişletmiştir. Masal Parkı'nın civarındaki alanlarda taşkın yayılımını sürdürmüştür. Bu bölümde kanal vadi içerisinde kaldığından dolayı su sol ve sağ sahillere etrafındaki vadi eteklerindeki düzlüklerde birikmektedir.

Bülbül deresi bu analizde taşıma kapasitesi değerinin tekabül ettiği tekerrür süresinin üzerinde bir debiyle akmaktadır. 50 yıllık taşkındaki yer yer taşmalar nispeten alanını genişletmiştir. Suyun yayıldığı alan 6,5 ha'dır.

Paşaçayırı bölgesinde 100 yıllık taşkından etkilenen alan nispeten artışını durdurmuştur. Nedeni suyun dağıldığı düzlüğün eğiminin artması, suların birikmeye başlamasıdır. Taşkından etkilenen alan 297,83 ha'dır. D965 Erzurum-Kars Karayolu dolgusu da mambadan gelen taşkın sularıyla yer yer aşılmıştır. Yol taşkından etkilenmeye başlamıştır.

500 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.58'deki gibi olmuştur.



Resim 9.58. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{500} taşkın analizi ($Q_{500}=535,56 \text{ m}^3/\text{s}$)

500 yıllık taşkın analizinde taşkın etkilerinin yüksek boyutlara ulaştığı görülmektedir. Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine yayılan suların kapladığı alan 43,42 ha'dır. Su dağıldığı alanı muhafaza edecek yüksekliklere kadar gelmiştir. Kars Çayı ıslahlı bölümde de taşkın kanalın vadi içerisinde bulunmasından dolayı yayılım sahasını artıramamaktadır. Bülbül deresinde ise taşkın etkileri daha net görülmektedir. Suların yayıldığı alan 7,9 ha'dır.

Kars Çayı membaında ise taşkın etkisini Kars Çayı-Bülbül deresi bağlantı noktasına kadar iletmiştir. Taşkın suları vadi eteğindeki düzlüklerde etkisini artırmıştır. Paşaçayırı bölgesinde ise bütün tarım arazisi neredeyse taşkından etkilenmiştir. Bu bölgede taşkın sularının yayıldığı alan 330,2 ha'dır. D965 Erzurum-Kars Karayolu ise 500 yıllık taşkından fazlaca etkilenmiş ve su dolgu alanlarını aşarak yol üst kotuna dağılmış ve aşmıştır.

1000 yıl tekerrürlü taşkın için çalışılan 2 boyutlu analizde ortaya çıkan sonuç ve kesiti terk eden suyun dağılımı Resim 9.59'daki gibi olmuştur.



Resim 9.59. Kars Çayı çalışma alanı 2D Q_{1000} taşkın analizi ($Q_{1000}=561,33 \text{ m}^3/\text{s}$)

Bu analizdeki izlenimler 500 yıllık taşkındaki izlenimlere benzemektedir. Bayrampaşa deresinden şehir merkezine yayılan taşkın suları yayılım sahasını 43,5 ha'ya çıkarmıştır. Bülbül deresinden taşan sular 9,06 ha'lık alana yayılmaktadır. Kars Çayı membainde ise taşkından etkilenen tarım alanları ve meralardaki taşkın sularının yayıldığı alan 338,87 ha'ya çıkmıştır.

2D analizler süresince Bayrampaşa deresindeki olası taşkın halinde taşkından etkilenecek yerleşim alanlarının ve zarar görecekt yapıların Bülbül deresine nispeten daha fazla olacağı görülmüştür. Ayrıca bu iki derenin havzalarından toplanacak suların drenaj alanlarındaki yerleşim bölgelerine dağılmadan kanallara girip girmeyeceğinin tespiti için iki farklı analiz daha yapılmıştır. Bu analizlerde taşkın hidrograflarının maksimum debilerinin iki derenin taşıma kapasitelerinin altında olan Q_5 ve Q_{50} kullanılarak, bu iki dere için 2D akım alanları genişletilip su daha membadan verilerek, kanalların suyu toplayıp toplayamadığı görülmek istenmiştir.

1. Senaryo (Q_5 taşkın hidrografı kullanılması, 2D akım alanı genişletilerek suyun Bayrampaşa deresine daha membadan verilmesi)

Bu durumda meydana gelen taşkın yayılım haritası Resim 9.60'ta gösterilmiştir.

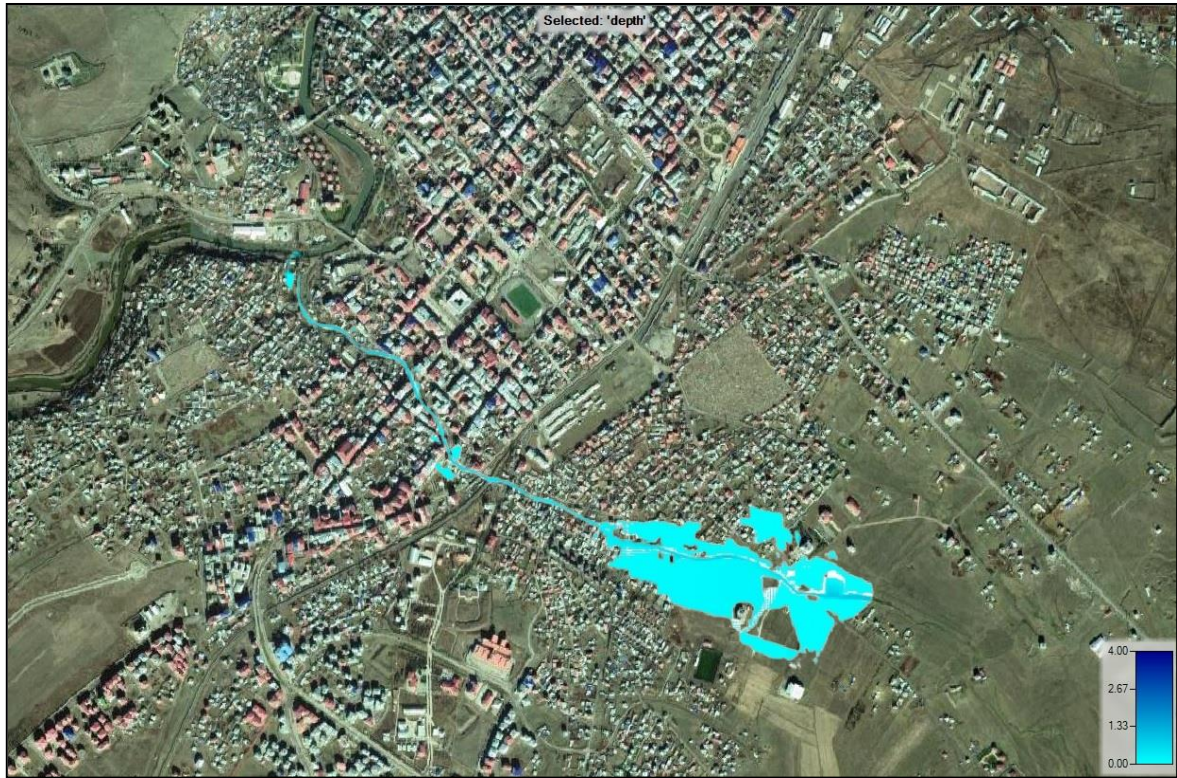


Resim 9.60. Bayrampaşa deresine suyun daha membadan verilmesi durumu 2D taşkın analizi

Analizde taşkın sularının membadan itibaren şehrin içerisine akma eğiliminde olduğu görülmektedir. Kanala ulaşan suyun ise çok azının kanala girdiği ve mansaba çok az bir debideki suyun ulaştığı görülmektedir. Karadağ Mahallesi'nde tren yolunu müteakip bulunan düzlük alana suyun yayıldığı ve bu bölgenin taşkını geciktirici bir etki yarattığı görülmüştür.

2. Senaryo (Q_{50} taşkın hidrografi kullanılması, 2D akım alanı genişletilerek suyun Bülbül deresine daha membadan verilmesi)

Bu durumda meydana gelen taşkın yayılım haritası Resim 9.61'de gösterilmiştir.



Resim 9.61. Bülbül deresine suyun daha membadan verilmesi durumu 2D taşkın analizi

Bu analizde suyun daha membadan programa verildiği takdirde Bülbül deresinin memba kesimindeki düzlük alanlara yayıldığı ve hidrografın çekilme süresi içerisinde suyun kanala çekilemediği görülmüştür.

9.2.3. 2D modelin geçmiş taşkınlarla doğruluğunun teyit edilmesi (model kalibrasyonu)

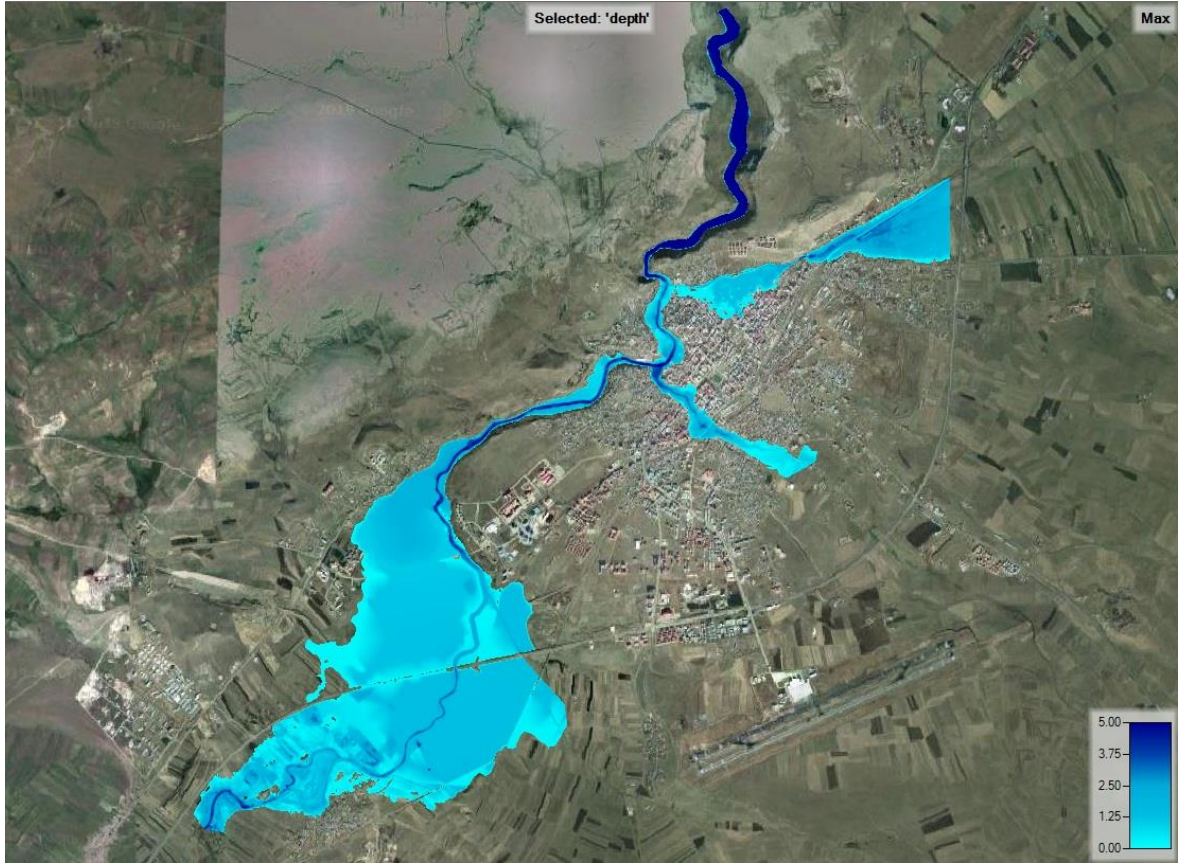
Oluşturulan 2D modelde çalışılan taşkın analizlerinin güvenilirliğinin teyidi için model üzerinde geçmiş taşkınlarla ait pik debilerin kullanılıp boyutsuz hidrograf değerleri yardımıyla taşkın analizlerinin yapılp analiz sonuçlarının Bölüm 3'te anlatılan geçmiş taşkınlarla ilgili haber kaynaklarının verdiği taşkın hasar bilgileriyle karşılaştırılmasıyla model güvenilirliği teyit edilmiştir.

Bu karşılaştırma için DSI'den temin edilen EİE24A009 Kars-Güvercinkaya AGİ ölçüm sonuçları kullanılmıştır. 2004 yılında istasyonda 1960-2010 yılları arasında ölçülen en büyük debi değeri ölçülmüştür. Bu debi $601 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu değerin havzaya noktasal olarak taşınmış hali $529,37 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir (Eş. 7.9). Bu değer çalışma havzası için NTFA ile hesaplanan 500 yıllık taşkın debisine yakın bir değerdir. Bu nedenle karşılaştırma için Kars Çayı'nda $Q_{500}=535,56 \text{ m}^3/\text{s}$ taşkın hidrografi kullanılmıştır. Benzer şekilde Bülbül ve Bayrampaşa dereleri için de bu dereler için hesaplanmış Q_{500} değerleri kullanılmıştır. 2004 yılında meydana geldiği bilinen taşkının üretilmiş hidrografi Şekil 9.3'te verilmiştir.



Şekil 9.3. 2004 taşkınının üretilmiş hidrografi

Yapılan çalışmada 2004 taşkınının model üzerindeki analizinden elde edilen yayılım alanları Resim 9.62’de verilmiştir.



Resim 9.62. Oluşturulan 2D model üzerinde çalışılan 2004 taşkını temsil eden taşkın yayılım alanları ($Q_{500}=535,56 \text{ m}^3/\text{s}$)

Bölüm 3’te anlatılan problem durumu ve geçmiş taşkınlar hakkında örnek teşkil eden 2004 yılındaki taşkını anlatan haberde son 30 yılın en şiddetli sel afetinin yaşandığından, kara yolu ve demir yolunun kullanılamaz hale geldiğinden, Kars-Erzurum Karayolu’nda taşkın sebebiyle geçişlerin tek yönden kontrollü olarak verildiğinden bahsetmişti. Yapılan analiz bu anlatılanları doğrular niteliktedir. Bayrampaşa deresinin membaından verilen su kanala girmeden tren garı yönüne doğru yayılmaktadır. D965 Erzurum-Kars Karayolu Kars Çayı membaından verilen suyun birikip yol dolgusunu aştığı ve yol üst kotuna yayıldığı analizde görülmektedir.

Aynı bölümde anlatılan diğer bir haberde ise Paşaçayırı, Bülbül ve Alpaslan mahallelerinde bilhassa dere yataklarında kalan evlerin taşkından olumsuz etkilendiği; Bayrampaşa ve

Paşacayı mahalleleri köprülerinin, tehlike arz ettiği için trafiğe kapatılmasıyla şehir merkezi ile irtibatlarının kesildiği anlatılmaktadır. Yapılan analizde bu alanların taşkından olumsuz etkilendikleri görülmektedir. Bayrampaşa deresi için yapılan 1D taşkın analizinde 500 yıllık taşkın debisini kanalın taşıyamadığı ve bu nedenle üzerindeki menfez geçişlerinin kullanılamayacağı 1D ve 2D modelden tespit edilmiştir. Bu da anlatılan haberle uyumludur. Paşacayı mevkiinde 500 yıllık taşkın Köprü 1 ve Yaya Geçidi 1'i kullanılmaz hale getirdiği yine anlatılmış olan 1D ve 2D modelden teyit edilmiştir.

Böylece model çalışmasından elde edilen sonuçların gerçekleşmiş olan taşkınla teyidi sağlanmıştır.

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma süresince Aras Havzasının bir alt havzası olan Kars Çayı Havzası'nın CBS yardımıyla havza karakteristikleri belirlenmiştir. Belirlenen havza parametreleri değerlendirilerek Kars Çayı havzası ve alt havzaları için hidroloji çalışmaları yapılmış, her bir havza için yöntem kriterleri doğrultusunda seçilmiş en uygun taşkın debisi hesaplama yöntemiyle 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmış ve taşkın hidrografları oluşturulmuştur. DSİ'den temin edilen dijital haritalar kullanılarak Kars Çayı'nın seçilen çalışma alanının akış yüzeyi oluşturulmuş ve geometrik özellikler belirlenmiştir. HEC-RAS yardımıyla 1D taşkın analizleri yapılmıştır. 1D analizde Kars Çayı'nın D965 Erzurum-Kars Karayolu'nu kestiği noktadan Kars Çayı'nın şehir merkezini terk ettiği tarihi taş köprü'nün mansabına kadar Kars Çayı ve bu alanda kendisine bağlanan Bayrampaşa deresi ve daha membada yine kendisine bağlanan Bülbül deresi çalışılmıştır. 1D analizde sorun tespit edilen bölgelerin, sorunların teyit edilmesi ve taşkın etkilerinin görülebilmesi sebebiyle 2D taşkın analizleri de çalışılmıştır. Geçmiş taşkınlar da modellenerek çalışmanın çıktıları kontrol edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıdaki gibidir.

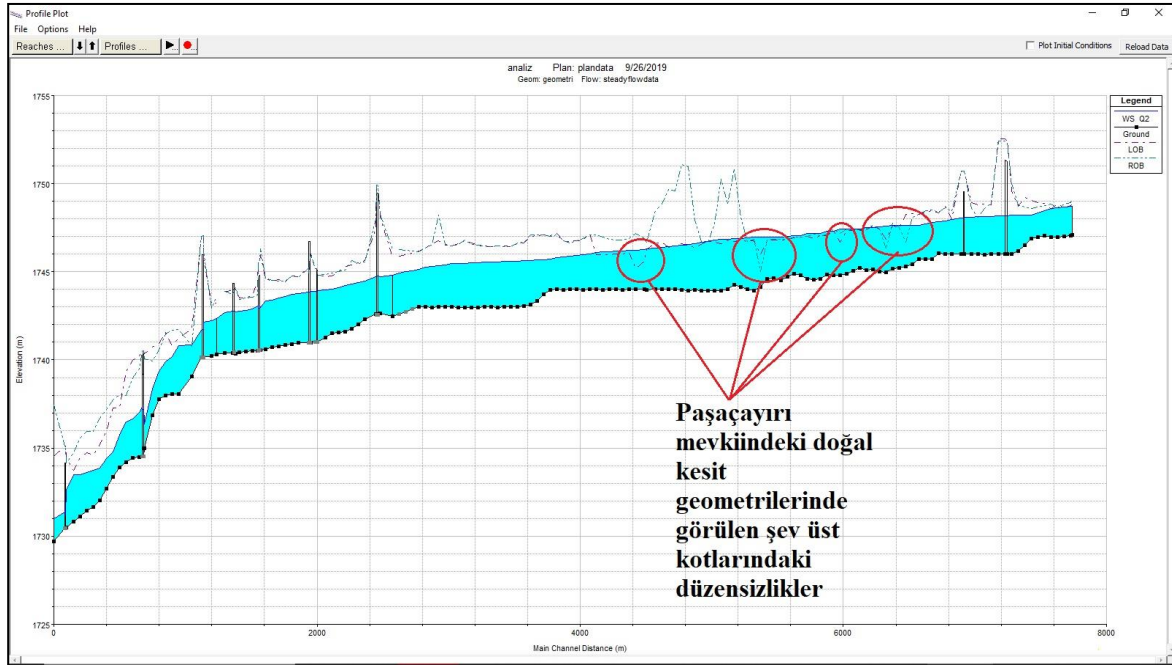
- Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin güncel yazılımlarla bütünleşik çalışmasının bu ve benzeri hidroloji çalışmalarında hızlı ve karşılaştırılabilir bir çalışma ortamı sunduğu görülmüştür.
- Yapılan CBS çalışmaları sonucu bulunan Kars Çayı ana havzası 2420,43 km²'dir. 1D taşkın analizlerinin yapılabilmesi için Kars Çayı'nın başlangıç noktası D965 Erzurum-Kars Karayolu mevkiidir. Bu noktadan yukarıda kalan havza alanı 1964,39 km²'dir.
- CBS ile seçilen çalışma alanı içerisinde Kars Çayı'na bağlanan yan kollardan olan Bayrampaşa deresi havza alanı 190,84 km²'dir. Bir diğer kol olan Bülbül deresi havza alanı ise 45,135 km²'dir. Başka bir kol olan Karacaören deresinin havza alanı ise 168,5 km²'dir.

- 10 ve 100 yıllık taşkın debilerini kullanarak 500, 1000 ve 10 000 yıllık taşkın debilerinin hesap edildiği ampirik yöntem (Eş. 7.42-44); 10 yıl ve 100 yıllık taşkın debileri arasındaki fark değişiminin niceliğine göre hesap edilmek istenen ampirik 500, 1000 veya 10 000 yıllık taşkın debisi değerlerini düşürmekte veya artırmaktadır.
- Mockus yönteminden elde edilen sonuçlar NTFA'ya göre büyük sonuçlar vermiştir. Çünkü Mockus suyun toplanma süresinden hareketle tek bir kritik yağış süresi ile hesaplama yapmakta olup bütün tekerrür sürelerinde tanımladığı aynı kritik yağış süresini kullandığı için sonuçların bu havza için gerçekçi çıkmadığı düşünülmektedir.
- Sentetik Birim Hidrograf yöntemi bu çalışılan 5 yöntemin içerisinde ortalama değerler vermektedir. Bu nedenle üzerinde AGİ ölçümü olmayan yan kollar için bu yöntemden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.
- Mevcut çalıştığımız havza içerisindeki ve komşu havzalardaki açık veya kapalı AGİ'ler birbiriyle mukayese edildiğinde yöntemde dikkate alınan Selim ve Güvercinkaya kayıtlarının diğer istasyonlara göre oldukça yüksek olduğu, buna karşın diğer istasyonların kayıtlarının oldukça düşük ve yetersiz olduğu görülmüştür. Bu nedenle noktasal olarak çalışma havzasına taşınan yüksek ölçüm değerleri içeren Güvercinkaya AGİ'sinden üretilen NTFA yöntemi sonuçları yüksek çıkmakta ancak diğer AGİ'lerin bahsedilen düşük ve yetersiz değerleri BTFA sonuçlarını düşürdüğü görülmüştür.
- Snyder yönteminde C_t ve C_p katsayıları yöntem için belirleyici niteliktedir. Bu katsayılar üç farklı geçirgenliğe sahip zemin cinsine bağlı olarak tarif edilmiştir. Bu durum farklı tekerrürlü debilerde bile zemin geçirgenliğinin sabit kabul edildiği anlamına gelmektedir. Çalışma havzası için killi ve kayalık zemin cinsine göre kabul edilen $C_t=1,35$ ve $C_p=0,69$ değerleri kullanılmıştır (Çizelge 7.30). Bu değerler kullanılarak Snyder yöntemiyle hesap edilen 1000 yıllık tekerrür debisine ait taşkın debileri aynı tekerrür debisine sahip NTFA sonucuyla benzerlik göstermektedir. Ancak elde edilen diğer tekerrür yıllarına ait sonuçlar çalışılan 5 yöntem içerisinde ortalama sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Ana kol üzerinde iki adet AGİ bulunmaktadır. Bunlardan biri Kars Çayı'nın şehri terk ettiği yerin hemen mansabında bulunan D24A091-Fakülteönü istasyonu, diğeri Kars

Çayı ana havzası çıkış noktasından yaklaşık 20 km mansapta Kars Barajı'nın membaında bulunan EİE24A009-Kars/Güvercinkaya istasyonudur. NTFA hesaplarında 1960-2010 yılları arasında 51 yıllık ölçüme sahip olan Güvercinkaya istasyonu kullanılarak NTFA taşkın debisi hesabı yapılmıştır. Noktasal Taşkın Frekans Analizi ile elde edilen tekerrürlü taşkın debileri gerçek akış sonuçlarıyla üretildiği için Kars Çayı ana havzası 1D ve 2D taşkın analizinde bu yöntemden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

- Kars Çayı'nın seçilen çalışma alanı içerisinde kalan bölümünde Kars Çayı D965 Erzurum-Kars Karayolu ile Bülbül deresinin Kars Çayı'na bağlandığı nokta arasında kalan doğal yatağa sahip kısmın 1D taşkın analizi sonuçlarına göre Q_2 'yi kısmen taşıyabildiği görülmüştür. Bu kesimde akarsu eğimi oldukça düşük ve ana yatak kum adacıklarıyla doludur. Paşaçayırı mevki D965 Erzurum-Kars Karayolu'nun Kars Çayı ile kesişiminin membaından taşınarak gelen sedimentin biriktiği bir bölgedir.
- Çalışma alanı içerisindeki Kars Çayı'nın Bülbül deresi ile birleştiği noktanın mansabından Kars Çayı'nın Bayrampaşa deresiyle birleştiği noktadaki Köprü 4'e kadar olan Kars Çayı'nın ıslahlı bölümünün taşıma kapasitesi 1D taşkın analiz sonuçlarına göre $200 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu değer havza için çalışılan NTFA taşkın debisini hesaplama yönteminin sonuçlarına göre 5 ile 10 yıl tekerrür yılı arasındaki bir taşkın debisine denk geldiği görülmüştür.
- 1D taşkın analizi için 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılmıştır. Ana yatak kapasitesinin aşıldığı durumlarda suyun yatağı terk ettiği kesitlerin yeterli genişlikte olmaması nedeniyle taşkın suyunun nasıl yayıldığı doğru bir şekilde tespit edilememiştir.
- Bayrampaşa deresinin kanal taşıma kapasitesi 1D analiz sonuçlarına göre $35 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.
- Bayrampaşa deresinin 1D taşkın analizi sonucunda yatak kapasitesini sadece 5 numaralı menfezin etkilediği görülmüştür. Bu menfezin kaldırılmasıyla yatak kapasitesi %14,29 oranında artış göstermiştir.

- Bülbul deresinin kanal taşıma kapasitesi 1D analiz sonuçlarına göre $37 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.
- Bülbul deresinin 1D taşkın analizi sonucunda yatak kapasitesini 3-5-6-7 numaralı menfezlerin etkilediği görülmüştür. Bu menfezlerin kaldırılmasıyla yatak kapasitesi %21,62 oranında artış göstermiştir.
- Bülbul deresi üzerindeki bütün menfez geçişleri kaldırılıp 1D taşkın analizi yapıldığında ise yatak taşıma kapasitesinin mevcut hale göre %29,73 artış gösterdiği görülmüştür. Bu sadece 3-5-6-7 numaralı menfez yapılarının değil diğer menfez yapılarının da akım üzerine etkisi olduğunu açıklamaktadır.
- Kars Çayı ıslahlı kesit üzerinde bulunan Yaya Geçidi 2 kanal yatağını sol sahilten yatak içine doğru yaklaşık 3,5 m daraltmaktadır. Bu durumun giderilmesiyle çalışılan 1D taşkın analizinde yatak kapasitesinde cüzi bir değişiklik olmuştur. Buradaki kabarmanın asıl nedeninin bu mevkideki ardışık kesit geometrilerindeki farklılıklar olduğu düşünülmektedir.
- 1D modeldeki kesit yetersizlikleri yüzünden taşkın yayılım alanlarının tespiti için 2D model kullanılmıştır.
- 2D analizinde 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileriyle analiz yapılmıştır.
- Kars çayı ana kolda $Q_2=104,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Paşaçayırı mevkiindeki doğal yatağın bu debiyi kısmen taşıyabildiği görülmüştür. Bunun nedeninin düzensiz ve kısmen doğal kesitlerdeki şev kotlarının düzensiz olduğu (Resim 10.1’de verildiği üzere 1D analizde belirlenmiş olup) 2D analizle de teyit edilmiştir. Suyun Kars Çayı’nın D965 Erzurum-Kars Karayolu’nu kestiği noktanın hemen mansabındaki bozuk kesitten yatağı terk ettiği ve $87,74 \text{ ha}$ ’lık alana yayıldığı görülmüştür. Kars Çayı ıslahlı bölümünde suyun kanalda taşınabildiği, ancak Masal Parkı (Resim 10.2) ve civarındaki düzlüklerde suyun kanal sol sahil şevinden kanalı terk edip alana yayıldığı görülmüştür.



Resim 10.1. Paşacayı mevkiindeki doğal kesit geometrilerinde görülen şev üst kotlarının düzensiz olduğunu gösteren boy profili



Resim 10.2. Masal Parkı ve çevresindeki düzlükler [4]

- Kars Çayı ana kolda $Q_5=184,61 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Paşacayı bölgesinde taşkından etkilenen alan artmıştır. Yatağı terk eden su $243,2 \text{ ha}$ 'lık bir alana yayılmaktadır. Bu 2 yıllık analizdeki alan değerinin 2,77 katıdır. Bu artış arazinin geniş

düzlüklerden oluştuğunu izah etmektedir. Kars Çayı ıslahlı bölümü incelenecek olursa suyun kanalda taşınabildiği, ancak Masal Parkı ve civarındaki düzlüklerde suyun kanal sol sahil şevinden kanalı terk edip alana yayıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra aynı bölümde suyun Köprü 4'ün sağ sahilindeki çay bahçesi ve rekreasyon alanına kısmen yayıldığı görülmüştür.

- Kars çayı ana kolda $Q_{10}=244,62 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde debi arttıkça yatağın Kafkas Üniversitesi'ndeki kurptan çıktığında girdiği vadi eteğindeki düzlüklere suyun yayıldığı görülmektedir. Tarif edilen bölge 1D analizde belirtilen geometrideki 3+700,00 km ile 4+700,00 km arasına düşmektedir. Su bu analizde 259,5 ha'lık alana yayılmaktadır. Bu değer 2 yıllık taşkın debisinin aynı bölgede gösterdiği yayılım alanının yaklaşık 3 katına tekabül ettiği görülmüştür.
- Bayrampaşa deresinde $Q_{10}=46,26 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşan suların şehir merkezinde yayıldığı alan 42 ha'dır. Bu Bayrampaşa deresiyle şehir merkezi arasında suyun göllendiğini, kanalın talveg kotundan daha düşük kotların mevcut olduğunu (Resim 9.4) göstermektedir. Bu durum Bayrampaşa deresinin güzergâhının değiştirildiğini düşündürmektedir. Bu bölgedeki akarsu güzergâhının düz bir çizgi şeklinde olması bu düşüncayı doğrular niteliktedir.
- Kars çayı ana kolda $Q_{25}=323,68 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşkın Kars Çayı'nın 3+700,00 km ile 4+700,00 km arasındaki vadi eteklerindeki düzlüklerde yayılma sahasını genişlettiği görülmektedir. Paşacayı bölgesinde yayılım sahasını genişleten taşkın dağıldığı alan 281,6 ha'dır. Islahlı kesitlerde de taşmalar meydana gelmiştir. Q_{10} debisinden farklı olarak Selahattin Filtekin Köprüsü civarındaki düzlüklerinde su altında kaldığı görülmüştür.
- Bayrampaşa deresinde $Q_{25}=66,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşkın sularının Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine yayıldığı ancak taşkın alanının 42,68 ha ile sınırlı olduğu görülmüştür.
- Kars çayı ana kolda $Q_{50}=383,22 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Paşacayı bölgesinde taşkın yayıldığı alan ise 287,5 ha'ya çıkmıştır. Kars Çayı'nın ıslahlı bölümünde taşmalar devam etmiştir. Özellikle Kars Çayı'nın Bülbül deresiyle bağlantı

noktasından Selahattin Filtekin Köprüsü arasındaki kanal sol ve sağ sahilleri civarındaki düzlüklere su yayılmaya devam ettiği görülmüştür.

- Bayrampaşa deresinde $Q_{50}=84,19 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Bayrampaşa deresinden çıkıp şehir merkezine dağılan taşkın etkilediği alan 42,94 ha'dır.
- Bülbül deresinin 1D analizde taşıma kapasitesi $36 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştu. Bu değer $Q_{50}=34,48 \text{ m}^3/\text{s}$ değerine yakın bir değerdir. Bu analizde kanalda yer yer taşmalar görülmüştür.
- Kars çayı ana kolda $Q_{100}=442,66 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Paşacayı bölgesinde 100 yıllık taşkından etkilenen alan nispeten artışı durdurmuştur. Nedeni suyun dağıldığı düzlüğün eğiminin artması, suların birikmeye başlamasıdır. Taşkından etkilenen alan 297,83 ha'dır. D965 Erzurum-Kars Karayolu dolgusu da membadan gelen taşkın sularıyla yer yer aşılmıştır. Yol taşkından etkilenmeye başlamıştır. Kars Çayı ıslahlı bölümde taşkın yayılım sahasını genişletmiştir. Masal Parkı'nın civarındaki alanlarda taşkın yayılımını sürdürmüştür. Bu bölümde kanal vadi içerisinde kaldığından dolayı su sol ve sağ sahiller etrafındaki vadi eteklerindeki düzlüklerde biriktiği görülmüştür.
- Bayrampaşa deresinde $Q_{100}=102,76 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde durum pek değişmemiştir. Su Bayrampaşa deresi ile şehir merkezi arasında göllenmeye devam ettiği görülmüştür. Taşkından etkilenen alan 43,02 ha'dır.
- Bülbül deresi $Q_{100}=42,40 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşıma kapasitesi değerinin tekabül ettiği tekerrür süresinin üzerinde bir debiyle akmaktadır. 50 yıllık taşkındaki yer yer taşmalar nispeten alanını genişlettiği görülmüştür. Suyun yayıldığı alan 6,5 ha'dır.
- Kars çayı ana kolda $Q_{500}=535,56 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde Kars Çayı ıslahlı bölümde taşkın kanalın vadi içerisinde bulunmasından dolayı yayılım sahasını artıramamaktadır. Kars Çayı membaında ise taşkın etkisini Kars Çayı-Bülbül deresi bağlantı noktasına kadar ilerletmiştir. Paşacayı bölgesinde ise bütün tarım arazisi neredeyse taşkından etkilenmiştir. Bu bölgede taşkın sularının yayıldığı alan 330,2

ha'dır. D965 Erzurum-Kars Karayolu ise 500 yıllık taşkından fazlaca etkilenmiş ve suyun yol üst kotuna dağıldığı görülmüştür.

- Bülbül deresinde $Q_{500}=63,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşkın etkileri daha net görülmüştür. Suların yayıldığı alan 7,9 ha'dır.
- Bayrampaşa deresinde $Q_{500}=151,91 \text{ m}^3/\text{s}$ çıkıp şehir merkezine yayılan suların kapladığı alan 43,42 ha'dır. Su dağıldığı alanı muhafaza edecek yüksekliklere kadar gelmiştir.
- Kars çayı ana kolda $Q_{1000}=561,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizindeki izlenimler 500 yıllık taşkındaki izlenimlere benzemektedir. Kars Çayı membaında ise taşkından etkilenen tarım alanları ve meralardaki taşkın sularının yayıldığı alan 338,87 ha'ya çıktığı görülmüştür.
- Bayrampaşa deresinde $Q_{1000}=176,07 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde şehir merkezine yayılan taşkın suları yayılım sahasını 43,5 ha'ya çıktığı görülmüştür.
- Bülbül deresinde $Q_{1000}=74,39 \text{ m}^3/\text{s}$ ile çalışılan 2D taşkın analizinde taşan sular 9,06 ha'lık alana yayıldığı görülmüştür.
- Model kalibrasyonu kapsamında 2004 taşkını pik debisi (EİE24A009-Kars/Güvercinkaya) kullanılarak bu debi çalışma havzasına noktasal olarak taşınmış ve boyutsuz hidrograf parametreleriyle oluşturulan taşkın hidrografi sayesinde 2D analiz yapılarak elde edilen sonuçlar, ana akım medyada gündem olmuş haber ve bildirilerle karşılaştırılarak 2D modelin doğruluğu teyit edilmeye çalışılmıştır. Geçmiş taşkınlar hakkında örnek teşkil eden 2004 yılındaki taşkını anlatan haberde son 30 yılın en şiddetli sel afetinin yaşandığından, kara yolu ve demir yolunun kullanılamaz hale geldiğinden, Kars-Erzurum Karayolu'nda taşkın sebebiyle geçişlerin tek yönden kontrollü olarak verildiğinden bahsedilmiştir. Yapılan 2D kalibrasyon analizi bu anlatılanları doğrular niteliktedir. Bayrampaşa deresinin membaından verilen su tren garı yönüne doğru (Karadağ Mahallesi'nden Gar Mahallesi'ne doğru) yayılmaktadır. D965 Erzurum-Kars Karayolu Kars Çayı membaından verilen suyun birikip yol dolgusunu aştığı ve yol üst kotuna yayıldığı yine analizde görülmektedir. Aynı

bölümde anlatılan diğer bir haberde ise Paşacayı, Bülbül ve Alpaslan mahallelerinde bilhassa dere yataklarında kalan evlerin taşkından olumsuz etkilendiği; Bayrampaşa ve Paşacayı mahalleleri köprülerinin, tehlike arz ettiği için trafiğe kapatılmasıyla şehir merkezi ile irtibatlarının kesildiği anlatılmaktadır. Yapılan analizde bu alanların taşkından olumsuz etkilendikleri görülmektedir. Bayrampaşa deresi için yapılan 1D taşkın analizinde 500 yıllık taşkın debisini kanalın taşıyamadığı ve bu nedenle üzerindeki menfez geçişlerinin kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Bu da anlatılan haberle uyumludur. Paşacayı mevkiinde 500 yıllık taşkın Köprü 1 ve Yaya Geçidi 1'i kullanılmaz hale getirdiği yine anlatılmış olan 1D ve 2D modelden teyit edilmiştir. Böylece model çalışmasından elde edilen sonuçların gerçekleşmiş olan taşkınla teyidi sağlanmıştır.

- 2D analiz sonuçlarının bütünü Paşacayı mevkiinin taşkın biriktirme ve geciktirme bölgesi olarak çalıştığını göstermektedir. Bölgenin bu özelliği korunmalı ve devam ettirilmelidir. Yerleşimin olmadığı bu bölgede yüksek tekerrürlü taşkınların biriktirilerek geciktirilebilmesi için regülatör tipi bir yapının inşa edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.
- 2D analiz sonuçlarına göre Bayrampaşa deresinin su toplama kabiliyeti oldukça düşüktür. Bunun nedeninin akarsu güzergâhının değiştirilmiş olması olma ihtimali yüksektir. Çok geniş ve düz bir alandan su toplayan Bayrampaşa deresine (Resim 10.3) suyun girebilmesi için kanal ağzına doğru suyu yönlendirecek yapılar inşa edilmelidir. Kanal geometrisi yeniden düzenlenmelidir. Bayrampaşa deresiyle şehir merkezi arasında kalan ve taşkınlardan oldukça etkilenen Merkez Mahallesi çevresi seddeleme yapılaraktan koruma altına alınmalıdır.
- Islahlı kesitlerden oluşan Kars Çayı'nın merkezinden geçen ana yatak, pürüzlülüğün artıp suyun kabarmaması için sürekli temiz tutulmalıdır.



Resim 10.3. Bayrampaşa deresinin su topladığı geniş ve düz alanlar [4]

KAYNAKLAR

1. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2014). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*, Kasım, s. 142
2. TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2018). *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler*, Ankara, s. 63
3. Uçar, İ. (2009). *Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 23-25
4. Google Earth Pro Masaüstü Uydudan Görüntüleme ve Düzenleme Yazılımı. (2019).
5. Erdin, E. (1998). *Çevre Ekolojisi*, Yayınlanmamış Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
6. İnternet: Milliyet. (2004). URL: <http://www.milliyet.com.tr/gundem/turkiyenin-dogusunu-sel-aldi-5113251>, Son Erişim Tarihi: 25.07.2019
7. İnternet: Mynet. (2004). URL: <https://www.mynet.com/karsta-altyapi-coktu-110100121722>, Son Erişim Tarihi: 9/6/2019
8. İnternet: Yenimesaj Haber Portalı. (2004). URL: <http://www.yenimesaj.com.tr/turkiyeyi-sel-aldi-H1095385.htm>, Son Erişim Tarihi: 9/6/2019
9. İnternet: Yeniasya Haber Portalı. (2007). URL: <https://www.yeniasya.com.tr/2007/05/02/haber/h21.htm>, Son Erişim Tarihi: 9/6/2019
10. İnternet: İhlas Haber Ajansı. (2009). URL: (<https://www.ihb.com.tr/haber-karsta-sel-can-kaybi-olmadan-atlatildi-80971/>), Son Erişim Tarihi: 9/6/2019
11. İnternet: Politikars Haber Portalı. (2010). URL: <https://www.politikars.com/kars39ta-felaketin-bilancosu-13395h.htm>, Son Erişim Tarihi: 9/7/2019
12. İnternet: Haberler Haber Portalı. (2012). URL: <https://www.haberler.com/kars-cayi-tasmaya-basladi-3529715-haberi/>, Son Erişim Tarihi: 9/7/2019
13. İnternet: Hürriyet Gazetesi. (2014). URL: <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/karsta-sel-can-aldi-26801925>, Son Erişim Tarihi: 9/7/2019
14. İnternet: Kars Manşet Haber Portalı. (2019). URL: <http://www.karsmanset.com/haber/karlar-eriyor-kars-cayi-tasiyor-47339.htm>, Son Erişim Tarihi: 9/7/2019
15. İnternet: ESRI Türkiye. (2019). URL: www.esriturkey.com.tr/tr-tr/cbs-nedir, Son Erişim Tarihi: 9/7/2019

16. Uçar, D., İpbüker, C., Bildirici, İ.Ö. (2011). *Matematiksel Kartografya: Harita Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara
17. Forte, F., Pennetta, L. and Strobl, R. O. (2005). Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy), *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 833–844
18. Chormański, J., Mirosław-Świątek, D. and Michałowski, R. (2009). A hydrodynamic model coupled with GIS for flood characteristics analysis in the Biebrza riparian wetland, Oceanological and Hydrobiological Studies, *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, Sayı 38, No 1, 65-73
19. Manandhar, B. (2010). *Flood Plain Analysis and Risk Assessment of Lothar Khola*, Yüksek Lisans Tezi, Tribhuban University, Institute of Forestry, Pokhara, Nepal
20. Wang, Y., Li, Z., Tang, Z., Zen, G. (2011). A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting Lake Region, *Water Resources Management*, Hunan, Central China, Sayı 25, s. 3465–3484
21. Sarhadi, A., Soltani, S., Modarres, R. (2012). Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis, *Journal of Hydrology*, Sayı 458–459, Sayı 68-86
22. Yazıcılar, F., Önder, H. (1998). Taşkın Yatakları Planlamasında HEC-RAS Bilgisayar Programı ile Su Yüzü Profili Hesaplanması-Bartın Nehrinde Bir Uygulama, *Su Mühendisliği Problemleri Semineri 5*, Fethiye, Muğla
23. Büyükcangaz, H., Demirtaş, Ç. (2003). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Farklı Yüzey Modellerinin Oluşturulması: Bursa-Mustafakemalpaşa Sulama Projesi Alanı Örneği, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (1): 159-169
24. Karaca, C., Birdal, A. C., Türk, T. (2016). Taşkın Risk Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi, *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS)*, Adana
25. Oğuz, K., Oğuz, E. (2016). Coşkun, M., Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği, *4. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Rize
26. Taş, E., İçağa, Y., Zorluer, İ. (2016). Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 035602 (711-721)
27. Özcan, O. (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği, Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Cilt:3, Sayı:1, Sayfa:9-27, Ocak
28. Ekemen Keskin, T., Çetiner, H. İ., Başdağ, S., Genç, S., Kılıç, H. Y. (2018). Akım Gözlem İstasyonları Bulunmayan Nehirlerin DSİ Sentetik Yöntemi Kullanılarak Taşkın Debilerinin Tahmini: Eskipazar Çayı Örneği, *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, Karabük

29. İnternet: United States Geological Survey. (2019). URL: www.earthexplorer.usgs.gov, Son Erişim Tarihi: 09.07.2018
30. Çolak, B., Eroğlu, N. (2018). Arcgis Arc Hydro İle Çankırı Merkez Tatlıçay Deresi'nin Havza Parametrelerinin Belirlenmesi, *İnternational Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech)*, Ankara
31. Usul, N. (2008). *Mühendislik Hidrolojisi*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, s. 139,12,57
32. Devlet Su İşleri. (2019). 24. Bölge Müdürlüğü, Kars
33. Bayazıt, M., Yeğen Oğuz, B. (2005). *Mühendisler İçin İstatistik*, Birsen Yayınevi, s. 87, 99, 100
34. Singh, V. P. (1998). *Entropy-Based Parameter Estimation in Hydrology*, Bölüm 14, s. 231-2, Water Resources Program, Department of Civil and Environmental Engineering, Lousiana State University, USA
35. Aristizabal, R. J. (2012). *Estimating the Parameters of the Three-Parameter Lognormal Distribution*, Florida International University, s. 7, 13
36. Gumbel, E. J. (1935). Les valeurs extrêmes des distributions statistiques
37. İnternet: Copernicus Land Monitoring Service. (2019). URL: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, Son Erişim Tarihi: 15/5/2018
38. Stephens, M. A. (1992). *An Appreciation of Kolmogorov's 1933 Paper*, Stanford University, Department of Statistics, Technical Report No:453
39. Çelik, H. E. (2012). *ÇEM Sel Kontrolü Semineri: Sel Kontrolünde Hidroloji*, Afyon
40. Koçyiğit, Ö. (2015). *Yayınlanmamış Ders Notları*, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara
41. Eren Özkaya, A. (2018). *Düzce Efteni Gölü Islahı İçin Tasarım Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, s. 70
42. İnternet: HEC-RAS İnternet Sitesi. (2019). URL: <https://www.hec.usace.army.mil/about/history.aspx>, Son Erişim Tarihi: 03.02.2018
43. Papaioannou, G ve diğ. (2018). *An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas*, Nisan

EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKKOÇ, Necip Fazıl
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 04.10.1991, Trabzon
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (535) 257 40 19
 e-mail : necipfazilakkoc@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2016 -
Lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2015
Lise	Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	KMS Enerji Müşavirlik Mühendislik	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Akkoç, N. F., Eroğlu, N. (2018). *Kars Çayı'nın ArcGIS-Hydrology ile havza parametrelerinin belirlenmesi ve taşkın debisi hesaplama yöntemlerinin havza üzerine uygunluğunun kontrolü*, Uluslararası Avrasya Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Konferansı, Ankara

Hobiler

Müzik, Edebiyat



GAZİ GELECEKTİR..